

Die Hirndruckdiagnostik
im frühen Säuglingsalter
unter besonderer Berücksichtigung
der Fontanometrie

Christine Hutterer

Disbui. München

1988



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555413_0001

Aus der Kinderchirurgischen Klinik im Dr.von Hauner'schen
Kinderspital der Universität

Vorstand: Prof.Dr.med. W.-Ch. Hecker

Die Hirndruckdiagnostik im frühen Säuglingsalter
unter besonderer Berücksichtigung der Fontanometrie

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Christine Hutterer
aus
München
Jahr
1987

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. W. Ch. Hecker

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Versmold

PD Dr. K. Einhäupl

Mitbetreuung d. den

promov. Mitarbeiter: Dr. med. E. Ring

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag d. mdl. Prüfung: 7. Juli 1988

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Klinische Hirndruckdiagnostik	2
2.1. Kopfumfangsmessungen	2
2.2. Palpation der Fontanelle und der Schädelnähte, Inspektion der Venen- zeichnung	4
2.3. Percussion und Transillumination des Schädels	4
2.4. Ophthalmologische Hirndruckzeichen	5
2.5. Klinische Hirndrucksymptomatik bei Säuglingen	6
3. Die Fontanometrie	7
3.1. Physikalische Grundlagen	9
3.2. Intrakranielle Druckwellen	12
3.3. Meßmethodik	15
3.4. Meßqualität	17
3.5. Patientengut	21
3.6. Ergebnisse	22
3.6.1. Meßergebnisse der Säuglinge ohne Hydrocephalus	22
3.6.2. Meßergebnisse der Säuglinge mit Hydrocephalus	26
3.6.3.1. Hydrocephalus congenitus und Hydrocephalus bei Säuglingen Meningomyelocelen	38
3.6.3.2. Hydrocephalus nach intraventrikulärer Blutung	38
3.6.4. Korrelation von Fontanellendruck und intraventrikulärem Druck	40
3.6.5. Druckverteilung und Wellenformen bei unseren Patienten	42
3.7. Diskussion	47

4. Sonographische Lage- und Funktionsdiagnostik	49
der ventrikulär gelegenen Shuntsysteme	
4.1. Klinische Ergebnisse	50
4.1.1. Regelrechte Shuntlage	55
4.1.2. Shuntfehlagen	55
4.1.3. Shuntfehlfunktionen	58
4.1.4. Änderung der Ventrikelweiten nach	59
der Shuntanlage	
4.1.5. Beurteilung des ventriculo - atrialen	59
und peritonealen Katheters	
4.2. Diskussion	61
5. CT - Diagnostik	63
6. Röntgendiagnostik	64
7. Komplikationen und Verlaufskontrollen der	65
ventriculo - atrialen und ventriculo -	
peritonealen Shunttherapie	
7.1. Ergebnisse	65
7.1.1. Indikation zur Shuntrevision	66
7.1.2. Revisionshäufigkeit	69
7.1.3. Diskussion	71
8. Zusammenfassung	72
9. Abkürzungen	74
10. Literatur	75
11. Lebenslauf	90

1. EINLEITUNG

In der Pädiatrie muß häufig die Höhe des intrakraniellen Druckes bestimmt werden, um OP - Indikationen stellen zu können, Kinder mit erhöhtem intrakranielltem Druck zu überwachen oder zu therapieren.

Bei Fehlbildungen oder Entwicklungsstörungen von Schädel und Gehirn (11), wie beispielsweise beim Hydrocephalus (42, 55), bestimmt der intrakranielle Druck Indikation und Art der operativen Behandlung. Gerade bei klinisch unklarer Hirndruck - Symptomatik (13) kann neben der Ultraschall - und CT - Diagnostik ein längeres Hirndruckmonitoring Diagnose und Behandlungsindikation sichern. Da die häufig angewandte intraventrikuläre Hirndruckmessung nicht nur wegen des erhöhten Infektionsrisikos (156), sondern auch wegen der direkten Traumatisierung (144) eine komplikationsreiche Methode darstellt, ist in jedem Fall bei Säuglingen mit offener Fontanelle die nicht - invasive Aplanations - Fontanometrie vorzuziehen (19, 20, 26, 27, 42, 44).

Wir untersuchten, inwieweit die nicht - invasive Hirndruckmessung beim Säugling in der klinischen Routine, besonders bei unklarer Hirndrucksymptomatik, anwendbar und verwertbar ist.

2. KLINISCHE HIRNDRUCKDIAGNOSTIK

Die Symptome des Hirndrucks beim Hydrocephalus unterscheiden sich bis zum Schluß der Schädelnähte im Säuglingsalter erheblich von den Erscheinungen im späteren Lebensalter. Solange der Schädel noch elastisch ist, entwickeln sich meist keine eindeutigen intrakraniellen Hirndruckzeichen.

Die klinischen Symptome die zu Diagnose und Operation führen, zeigen sich am eindeutigsten in einer Zunahme des Kopfumfanges.

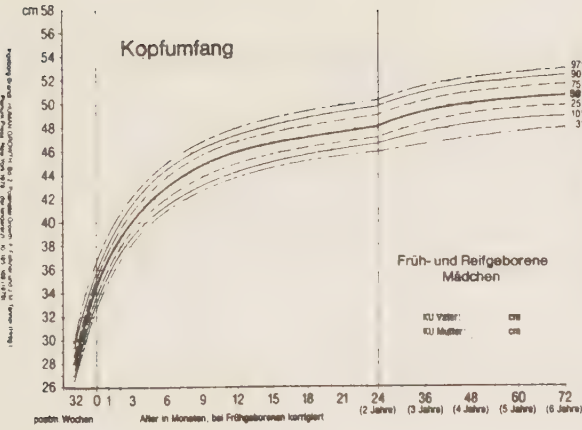
2.1. Kopfumfangsmessungen

Das auffälligste Zeichen vor Verschuß der Schädelnähte ist eine pathologische Zunahme des Kopfumfanges. Laufende Schädelumfangsmessungen müssen in Verdachtsfällen das unproportionale Schädelwachstum sichern (13, 157).

Die Kopfumfangsmessungen sollten nach Möglichkeit von derselben Schwester und mit einem Hutmaß durchgeführt werden (102).

Bei hydrocephalen Säuglingen liegt die Kopfumfangskurve meist oberhalb der Normalperzentile und verläuft im Winkel zu dieser nach oben. In den sogenannten Perzentilkurven (Abb.1, 2) wird der Kopfumfang in Abhängigkeit vom Lebensalter entweder absolut oder in Änderung pro Zeiteinheit dargestellt (142). Die 50 Perzentile entspricht dem Gipfel einer im Idealfall Gauß'schen Verteilungskurve. 50% aller Meßwerte liegen unter, 50% über dieser Perzentile. Die Streubreite der Norm und die Verteilung der Meßwerte ist durch die Lage der übrigen Perzentilen charakterisiert. Die erste Standardabweichung der Gauß'schen Normalverteilung entspricht etwa der 25 bzw. 75 Perzentile, die zweite Standardabweichung wird durch die 3 bzw. 97 Perzentile markiert. Definitionsgemäß betrachten wir alle Werte außerhalb von zwei Standardabweichungen als abnorm (142).

Die Kopfumfangsmessung sollte durch die Ohr - zu - Ohr Messung ergänzt werden. Dabei wird dasselbe Maßband von einem Ohr über den Kopf zum anderen Ohr angelegt.



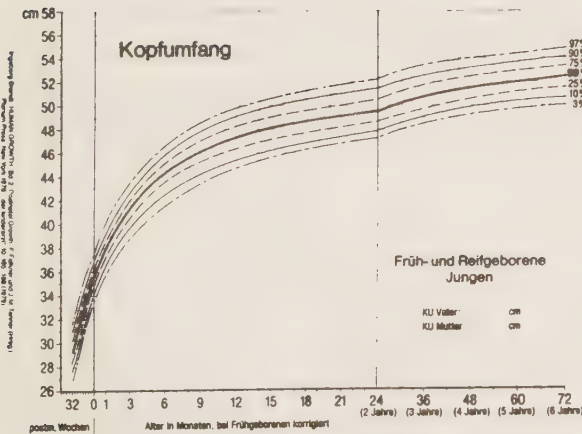
Name:

Geb.-Dat.:

Kopfumfang bei 6 Lebensjahren (Mädchen)

2 Lebensjahren siehe Mädchen

Abb.1: Kopfumfangskurve für Mädchen



Name:

Geb.-Dat.:

Kopfumfang bei 6 Lebensjahren (Jungen)

2 Lebensjahren siehe Mädchen

Abb.2: Kopfumfangskurve für Jungen

2.2. Palpation der Fontanelle und der Schädelnähte, Inspektion der Venenzeichnung

Die Fontanellen, vor allem die anteriore, sind bei einer Hirndrucksymptomatik meist weit, gespannt und vorgewölbt (13, 115, 142). Durch Hochheben des Säuglings sinkt die Fontanelle dann nicht ein. Zeitweise sind Pulsationen der anterioren Fontanelle nicht mehr tastbar (102).

Die Schädelnähte klaffen weit auseinander und sind palpabel.

Bereits geschlossene Fontanellen bei älteren Kindern können wieder gesprengt werden (115, 142).

Die Schädelvenen sind gestaut und bilden sich auch in aufrechter Position nicht zurück (102).

2.3. Percussion und Transillumination des Schädels

Normalerweise ist der Schall bei der Percussion des Schädels bei einem gesunden Säugling gedämpft, also tympanitisch. Beim Kind mit Hydrocephalus und Hirndruck ist das sogenannte "Wasserkessel - Phänomen" (102) vorherrschend, wenn die Schädelnähte wieder gesprengt worden sind. Der Schall ist dann hohl und hört sich "scheppernd" an, als würde man gegen einen gesprungenen Kessel klopfen.

Ein weiteres Hirndruckzeichen bei Säuglingen ist die positive Transillumination (13, 102, 115, 157). Man sollte dazu den Raum völlig verdunkeln und eine starke Lichtquelle zur Verfügung haben. Die Lampe wird gewöhnlich im frontoparietalen Bereich des Kopfes aufgesetzt. Rundherum muß die Lampe mit einer dichten ringförmigen Manschette abgeschirmt sein. Mit der Transillumination ist eine Schädeltransparenz nur sichtbar, wenn die Schädelknochendicke nicht mehr als 1 cm beträgt (102). Die Transillumination zeigt dann fokal betont oder diffus einen positiven Diaphanieeffekt meist temporofrontal (111, 181).

2.4. Ophthalmologische Hirndruckzeichen

Das "Sonnenuntergangs - Phänomen" ist nicht selten eines der frühesten Zeichen eines beginnenden Hydrocephalus internus. Die Augen sind dabei nach unten gerichtet, so daß die Skleren oberhalb der Cornea zu sehen sind, Iris und Pupille hinter den Unterlidern verschwinden. Weder eine mechanische Ursache noch eine gröbere Veränderung der knöchernen Augenhöhle lassen dieses Phänomen erklären. Vielmehr liegt die Ursache in der Erweiterung des Aquaeductes und einer dadurch bedingten Blicklähmung nach oben (57,128).

Bei den Motilitätsstörungen der Augen, die ein weiteres sehr frühes Hirndruckzeichen sind, herrscht das alternierende Innenschielen vor. Das in wenigen Fällen vorliegende Außenschielen jedoch ist allgemein-prognostisch als ein sehr ernstes Zeichen zu werten (12).

Der häufig beobachtete Rücknystagmus als Ausdruck einer M. externus - Schwäche ist häufig eine Esophorie (57). Dieses latente Schielen liegt dann vor, wenn eines der beiden Augen, nachdem man es abgedeckt hatte, eine Einstellbewegung macht, sobald es freigegeben wird.

Eine Stauungspapille ist wegen der Dehnbarkeit des Schädels sehr selten und tritt in der Regel nur bei älteren Kindern mit unnachgiebigem Schädel auf. Das Auftreten einer Stauungspapille ist im frühen Kindesalter als Rarität, und eher als Hinweis auf raumverdrängende intrakranielle Prozesse, wie z.B. Hirntumoren zu werten (57).

RABINOWICZ (128) fand in über 30% der Fälle mit Hirndruck eine Opticusatrophie, selten eine Stauungspapille. Des weiteren kann sich in einem atrophischen N.opticus durch den Schwund des Papillengewebes und der Kapillaren kein Papillenödem entwickeln (114).



2.5. Klinische Hirndrucksymptomatik bei Säuglingen

In Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Entstehung des Hydrocephalus, von dessen Ausmaß und/oder dessen Ursache können folgende Zeichen auf einen gesteigerten intrakraniellen Druck hinweisen:

Somnolenz, Überempfindlichkeit mit schrillen Schreien Geräuschen und Berührungen gegenüber, Apathie, sowie Appetitverlust mit Trinkschwäche, Erbrechen und Dystrophie.

Während massiver Hirndruckkrisen kann es ferner zu Störungen vitaler Funktionen wie Bradycardien und schlimmstenfalls zum Atemstillstand kommen.

Da beim geschunteten Kind nach Anlegen einer Liquordrainage in der Regel die Ursache des Hydrocephalus nicht ausgeschaltet ist, wird es zwangsläufig bei Blockierung derselben zu einem Auf-flackern der Hirndruckzeichen kommen. Es kann abrupt zu Hirndruckzeichen evtl. zusammen mit Einklemmungserscheinungen wie Meningismus, Opisthotonus, Streckkrämpfen, Bewußtseinsverlust und Störungen vitaler Funktionen (Atmung und Kreislauf) kommen, und es können irreparable Ausfälle verbleiben, wenn nicht sofort revidiert wird (102, 105, 157, 182).

3. DIE FONTANOMETRIE

Der intrakranielle Druck ist u.a. ein Parameter für die diagnostische und therapeutische Beurteilung zerebraler Erkrankungen, die zur Ausbildung eines Hydrocephalus führen können. Ventrikelmitteldrucke, die für Erwachsene als Normwerte gelten, sind für Säuglinge in den pathologischen Bereich einzuordnen. Im Gegensatz zum starrwandigen Hirnmantel des Erwachsenen kann der plastisch verformbare Schädel des Säuglings einer Volumenzunahme seines Inhalts durch Erweiterung der noch nicht geschlossenen Nähte bzw. durch Vorwölbung der Fontanelle, Dehnung der Dura und der Weichteile nachgeben. Die Beurteilung des Hirndrucks, die Erstellung von Normwerten der intraventrikulären Drucke, sowie eine nicht-invasive, intrakranielle Druckmessung werden dadurch erheblich kompliziert.

Versuche, den intrakraniellen Druck durch Ventrikelpunktion direkt zu messen und die Druckunterschiede graphisch darzustellen wurden zum erstenmal von LEYDEN 1866 (88) beschrieben. GUILLAUME und JANNY (56) führten 1951 die ersten kontinuierlichen Messungen des Ventrikeldruckes durch und berichteten, daß Veränderungen klinischer Hirndruckzeichen nicht immer eindeutige Rückschlüsse auf die bestehenden Hirndruckverhältnisse zulassen. Erst als LUNDBERG (95) seine Monographie über die kontinuierliche Druckmessung 1960 veröffentlichte, konnte sich die Nützlichkeit der invasiven kontinuierlichen Druckmessung in der klinischen Praxis durchsetzen (96).

Nicht nur wegen des hohen Infektionsrisikos (156) sondern auch wegen der direkten Traumatisierung (144) des Gehirns ist die intraventrikuläre Druckmessung bei Säuglingen eine komplizierte Methode. Besonders bei einem erhöhten, intrakraniellen Druck kann sich im Bereich des Punktionskanals eine Pseudo - Porencephalie entwickeln (58).

Die Epiduralmessung ist ebenfalls beim Säugling nicht zu empfehlen. Diese Methode ist nur bei ausreichender Knochendicke möglich und invasiv (42, 45, 153). Der Drucksensor wird durch ein Bohrloch epi- oder subdural eingelegt.

Zur kontinuierlichen Messungen von Schädelinnendruck bei Neugeborenen und Säuglingen wurden in den letzten Jahren Methoden zur nicht - invasiven Fontanellendruckmessung entwickelt.

Hier einige Beispiele:

Das Aplanations - Tonometer von BOSTON (19, 26), der Transformer - Transducer von Hewlett - Packard (91,134,139) und das Fontanometer von GAELTEC (45,47,79) funktionieren alle nach dem Aplanationsprinzip.

Der LADD - Drucksensor mißt den Druck durch die Intensität des in der Zentraleinheit gemessenen reflektierten Lichtes. Über einen Servomechanismus wird die Membran mit Druckluft wieder bis zur vollen Lichtreflexion rückgeführt (aplaniert) (34,43, 44, 46, 75, 160, 161, 179).

Eine Technik zur Herstellung wiederholbarer kontinuierlicher Messungen wird von DE JONG e..a. (29, 30) mit dem Rotterdamer Teletransducer beschrieben. Hier wird der Druckkolben auf die anteriore Fontanelle aufgesetzt und bei allmählicher Zunahme der Tiefe des Transducers in Bezug auf die Fontanelle eine charakteristische Druckhöhe beobachtet.

3.1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Die die Fontanelle verschließende Dura, Galea und Haut stellen eine gebogene, flexible Membran dar. Zwischen Innen- (=intra-kranieller Raum) und Außenseite einer gebogenen, flexiblen Membran besteht an einem definierten Meßpunkt eine Druckdifferenz, die physikalisch bei Annahme einer ausreichend dünnen Membran, ohne zusätzliche kraftmindernde, elastische oder visköse Schicht definiert ist (19, 54, 101) als

$$\Delta P = P_i - P_a = T \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

ΔP = Druckdifferenz

P_i = Schädelinnendruck

P_a = Außendruck

R_1 = Krümmungsradius der Galea-

R_2 = Krümmungsradius der Dura

T = Spannung der Fontanelle

Die Auflösung dieser Formel in die Wandspannung

$$T = P \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

ist eine pathologisch wesentliche Gesetzmäßigkeit, die das autoprogressive Wachstum des Hydrocephalus mit zunehmendem Durchmesser trotz gleichbleibendem Innendruck erklärt (LA PLACE'scher Satz) (44, 45, 51, 101). Der Innendruck P_i wird dabei nicht nur durch den äußeren Druck P_a , sondern vielmehr durch die Wandspannung T (pro Längeneinheit) im Meßpunkt kompensiert, wobei die Druckdifferenz ΔP den aufeinander senkrecht stehenden Hauptkrümmungsradien R_1 und R_2 an der Oberfläche des Meßpunktes umgekehrt proportional ist.

Nachdem hier der intrakranielle Druck nicht als Absolutdruck, sondern als Druckdifferenz zwischen dem absoluten Schädelinnen-
druck und dem umgebenden atmosphärischen Druck definiert ist,
entspricht die Druckdifferenz ΔP an der Fontanelle selbst dem
gesuchten intrakraniellen Druck, da dem Außendruck der atmos-
phärische Luftdruck entspricht.

Eine Messung der Wandspannung T und der Krümmungsradien ist
in vivo nicht möglich. Es muß deshalb durch kontrollierte Anwen-
dung einer gemessenen Gegenkraft P_p einer aplanierenden Meßmem-
bran von außen die Fontanelle im Meßbereich zunächst krümmungs-
frei gemacht werden (damit werden R_1 und $R_2 \rightarrow \infty$).

Die Wandspannung der horizontal ziehenden Meßmembran T_h der
Fontanelle wird gleichzeitig durch einen zur Meßmembran koplana-
ren Basisring, der die gesamte Meßmembran umgibt, aufgefangen
und damit an der Meßmembran eliminiert.

Da die Meßmembran durch P_p immer plan in der Ebene dieses Basis-
ringes gehalten wird, tritt an der Meßmembran selbst auch keine
vertikale, den Druck (P_i) mindernde Vertikalspannung T_v mehr auf.
Damit wird $\Delta P = P_i - P_p \rightarrow 0$. Dies ist das Prinzip der koplana-
raplanatorischen Messung (Abb. 3), bei der keine Auslenkung
der Meßmembran durch P_i erfolgt, sondern P_i jeweils durch Änder-
ung von P_p kompensiert und damit die Meßmembran koplanar zum
Basisring aplaniert wird. Durch Abziehen des atmosphärischen
Druckes (Differenzbildung in der Zentraleinheit) vom gemessenen
 $P_p \triangleq P_i$ ergibt sich somit der intrakranielle Druck:

$$\text{Fontanellendruck (AFP)} \triangleq \text{ICP} = P_p - P_{\text{atm}}.$$

P_p = Gegendruck der Meßmembran

P_{atm} = Atmosphärischer Druck

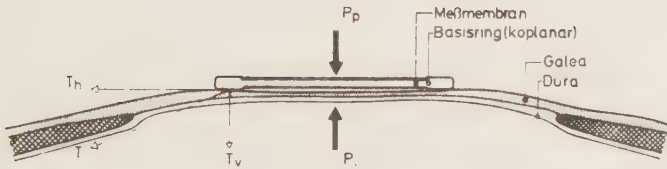


Abb. 3 Prinzip der koplaren Aplanationsmessung an der Fontanelle

P_i = Druck im Schädel (absolut)

P_p = Gegendruck der Meßmembran (Meßgröße)

T = Spannung der Fontanelle (T_h = Horizontalkomponente,
 T_v = Vertikalkomponente)

Bei aplaniertter Meßmembran wird $T = T_h$ und $T_v = 0$, damit wird
 bei fehlender Membrankrümmung (Radien R_1, R_2) $P_p = P_i$.

3.2 INTRAKRANIELLE DRUCKWELLEN

Die kontinuierliche fontanometrische Registrierung des Fontanellendruckes vermittelt neben den Mittelwerten, durch arterielle Pulsation und Atmung verursachte Druckschwankungen (31, 62, 93), eine Reihe sogenannter pathologischer Druckwellen typischer Ausprägung, die aufgrund ihrer Amplitudenhöhe und Frequenz von LUNDBERG (95) als A - oder Plateauwellen und als B - Wellen (Sinus - B - und Rampen - Wellen) bezeichnet werden (121).

Plateau - Wellen werden definiert als schnell ansteigende und abfallende, zwischen 40 und 100 mm Hg auftretende Druckspitzen, gewöhnlich von 5 bis 20 Minuten Dauer. Sie treten gehäuft bei raumfordernden, craniellen Prozessen auf. Pathogenetisch beruhen diese Plateau - Wellen auf einer akuten Zunahme des intrakraniellen Blutvolumens bei gleichzeitiger Abnahme der Durchblutung (Kompressibilität der oberflächlichen Brückenvenen (7)).

Typische Plateau - Wellen entwickeln sich selten beim kindlichen Hydrocephalus. Dies ist durch die Elastizität des Schädels mit der erweiterten Fontanelle zu erklären (120). Beim Hydrocephalus treten die Plateau - Wellen nur beim deutlichen Überdruck - Hydrocephalus, bevorzugt bei Verschuß eines vorher gut funktionierenden Shunts auf.

Die B- Wellen treten vorwiegend nachts und in den frühen Morgenstunden auf, sind oft deformiert und abgeflacht. Bei der Frequenz von 0,5 bis 2/Minute und unterschiedlichen Amplituden, die parallel mit der Erhöhung des intrakraniellen Druckes ansteigen, lassen sich die B - Wellen in 2 Formen einteilen: die sinusförmigen B - Wellen und die B - Wellen vom Rampentyp (R - Wellen). B - Wellen vom reinen Sinustyp überwiegen beim kindlichen Hydrocephalus. Sie sind nicht mit Veränderungen von Blutdruck, Atemrhythmus oder arteriellem pCO_2 korreliert.

Die R - oder Rampenwellen korrelieren eindeutig mit Änderungen von Atemrhythmus und den dadurch bedingten Schwankungen des arteriellen pCO_2 . Diese Wellen treten ausschließlich bei Spontanatmung und im Schlaf auf, vor allem in Schnarchphasen (45, 95). Sie finden sich gehäuft bei Patienten mit einem normotensiven Hydrocephalus; ihr gehäuftes Auftreten kann zur Indikationsstellung für eine Shuntoperation beitragen.

Außerdem beschrieb GAAB (45) bei Kleinkindern mit hypertensiven Prozessen, die durch Überlagerung entstehenden B - Komplex - Wellen. Diese bestehen aus sehr unregelmäßigen B - artigen Elementen, die sich zu steiler ansteigenden, dann flacher abfallenden Hintergrundschwankungen des Mitteldrucks aufsummieren. Die relativ langsamen, "tonischen" D - Wellen von bis zu 30 Minuten Dauer unterscheiden sich von den Plateau - Wellen durch ihren langsamen Anstieg und Abfall, es treten nur geringe Veränderungen der Puls - und Atemamplitude auf. D - Wellen kommen häufig beim aktiven Hydrocephalus vor (47).  Neben diesen besonderen definierten Hirndruckwellen werden einige Wellen durch Artefakte, wie z.B. durch Schreien, Husten, Pressen u.a. verursacht (Abb. 4).

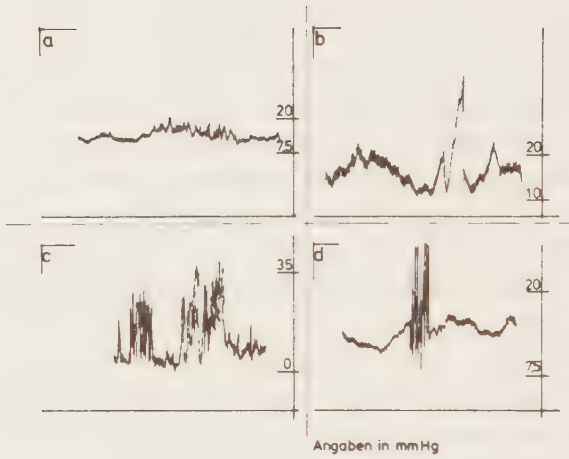


Abb.4: Beispiele für Artefakte bei der Hirndruckmessung

- a) Saugen
- b) plötzlicher Schreck
- c) Schreien
- d) Husten

3.3 MESSMETHODIK

Die Messung erfolgte mit dem GAELTEC - Fontanometer nach dem Aplanationsprinzip. Die Nullpunkteichung und die Einstellung der Empfindlichkeit wurde mit dem Hg - Manometer nach Prof. Gauer durchgeführt. Der Fontanellendruck wurde bei dieser Meßtechnik als Differenz zum umgebenden atmosphärischen Druck direkt gemessen (45). Der Drucksensor der Firma GAELTEC Typ ICT / b / Fo (Abb.5), mit einem Durchmesser von 9,5 mm, erfasst die Pulsamplituden und die pathologischen Wellen.

Der Drucksensor wurde auf der rasierten mit Benzin entfetteten Fontanelle mit einer halbstarren, selbstklebenden, 5 cm breiten Kunststoffmanschette (EKG - Elektroden für Erwachsene) und einer 4 - lagigen, 6 cm breiten Gipsmanschette zentral befestigt (Abb.6), so daß die Befestigung über den knöchernen Schädel ging.

Besonders ist darauf zu achten, daß der Drucksensor am entspannten und vor allem nicht schreienden Kind angelegt wird. Am besten eignet sich hier die postprandiale Phase.

Das Kind wird durch die Messung in keiner Weise gefährdet und auch in seiner Beweglichkeit kaum beeinträchtigt. Alle Kinder tolerierten nach 15 - 20 Minuten Gewöhnung die Messung ohne Sedierung oder anderer Maßnahmen.

Die Messungen wurden nachts in Horizontallage des Kindes durchgeführt, um möglichst lange artefaktfreie Ableitungsstrecken zu erhalten (42, 43). Die Meßdauer betrug 8 - 10 Stunden. Ein an den Verstärker GAELTEC S7 / b angeschlossener Schreiber (minikass 122/124 der Fa. Laumann) zeichnete die Druckwellen auf. Zur Auswertung wurden nur die nahezu artefaktfreien Druckwellen der Schlafphasen herangezogen. Diese wurden in 5 - Minutenabschnitte (79) eingeteilt. Der Mittelwert wurde aus den höchsten und niedrigsten Druckwerten bestimmt.



Abb. 5: Ausschnittvergrößerung des GÄLTEC - Drucksensors



Abb. 6: Versuchsaufbau der Hirndruckmessung

3.4. MESSQUALITÄT

In zahlreichen Veröffentlichungen (45,70,79,112,167) taucht immer wieder die Frage nach der Genauigkeit der Messwerte auf, die mit dem Fontanometer registriert werden können.

Diese ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

- der tatsächlichen Übereinstimmung des Fontanellendrucks (AFP) mit dem intrakraniellen Druck bzw. die Definition von ΔP ,
- von der Befestigung des Drucksensors unter Beibehaltung des anfänglichen Applikationsdruckes,
- von der Höhe des Applikationsdruckes,
- von der Art der Applikation,
- von der Genauigkeit und von der Art des Gerätes.

Die Ermittlung von Normwerten stellt sich deshalb als schwierig dar. Hier nun einige Normwerte des intrakraniellen Druckes in der Literatur (Tabelle 1).

<u>Autor :</u>	<u>Druck (mm Hg):</u>	<u>Patienten:</u>
Gerlach, e.a. 1969	0,7 - 1,1	Neugeborene
Gerlach, e.a. 1969	2,9 - 7,4	Säuglinge
Robinson, e.a. 1977	5,4 - 9,4	Neugeborene
Salmon, e.a. 1977	5,9 - 8,8	Säuglinge
Vidyasagar 1977	5,7 - 9,7	Neugeborene
Vidyasagar 1978	7,1 - 7,5	Frühgeborene
v. Wild 1981	0 - 5	Neugeborene
Gaab, e.a. 1982	3 - 7	Säuglinge (3-25 Wo.)
Ivan, e.a. 1983	8,2 - 9,3	Säuglinge (4T.-4Wo.)
De Jong, e.a. 1984	0 - 5	Neugeborene

Tabelle 1: Normwerte des intrakraniellen Druckes in der Literatur

Durch simultane, kontinuierliche Messungen versuchte man zu zeigen, in wie weit der Fontanellendruck (AFP) mit dem Ventrikeldruck (VFP) korreliert. Es wurde sowohl von niedrigen VFP - Werten (20, 44, 79, 179) als auch von höheren VFP - Werten (34, 75, 125, 160) des sogenannten normalen Fontanellendruckes berichtet, obwohl die verschiedenen Autoren nach der gleichen Methode vorgehen. Meist wurde bei diesen Untersuchungen der Ladd - Drucksensor verwendet. Bei unseren Messungen wurde der Gaeltec - Drucksensor angewandt (s. Kap. 3.3.). Der Meßbereich ist bei beiden Geräten gleich, jedoch zeichnet sich das Gaeltec - Druckmanometer durch eine bessere Frequenzwiedergabe aus (44, 101). Da die Druckunterschiede innerhalb und außerhalb der Membran (Fontanelle) minimal oder sogar "0" sein sollten, scheint dies der Gaeltec - Drucksensor durch den auf der Fontanelle koplanar aufliegenden Basisring am ehesten zu gewährleisten.(44). Es erweist sich manchmal als schwierig den Drucksensor genau in der Mitte der Fontanelle zu fixieren, wodurch auch wiederholbare Messungen nicht immer eindeutig vergleichbar sind (30). Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist der Aplanationsdruck. HORBAR (70, 112) zeigte in seiner Studie, daß der Fontanellendruck bei verschiedenen Anwendungen am gleichen Patienten um einige Einheiten ober- bzw. unterhalb eines bestimmten Applikationsdruckes lag. Er brachte mit einem Kolben definierte Drucke von oben auf den Drucksensor. IVAN und BADAJO (75) erzielten in zahlreichen Versuchen mit einer dem Drucksensor entsprechenden Schablone, die auf dem Schädelknochen auflag eine Standardabweichung von 2,7. Hieraus erklärt sich eine gewisse Ungenauigkeit, die wahrscheinlich für die von GAAB (45) ermittelte Abweichung des AFP vom VFP um höchstens $\pm 2 - 3$ mm Hg verantwortlich ist.

Das Problem der genaueren Ermittlung des Fontanellendruckes konnte man durch Verwendung eines sogenannten mechanischen Aplanationstonometers, mit anschließender Befestigung des

Sensors lösen, wie dies von DANIELS e.a. (20) versucht wurde. Die größte Schwierigkeit bereitet jedoch die Befestigung des Drucksensors auf der Fontanelle, weshalb Langzeitmessungen nur bedingt verwertbar sind.

Durch unsere Befestigung mit der Gipsmanschette bleibt ein annähernd gleicher Befestigungsdruck über 4 - 5 Stunden erhalten, danach sank der Druck um ca. 10 % bis zum Ende der Messung nach 8 - 10 Stunden ab, was mit einer Lockerung des Drucksensors und einer dadurch bewirkten Änderung des Applikationsdruckes erklärlich ist. Pflasterstreifen und elastische Materialien sind zur Befestigung des Drucksensors ungeeignet, da dieser nach oben abweichen kann.

Bezüglich der Übereinstimmung des Fontanellendruckes mit dem Ventrikeldruck, stellt sich die Frage, ob die Ventrikeldruckmessung die genaueste Wiedergabe des intrakraniellen Druckes darstellt. In diesem Punkt gehen die Meinungen auseinander. Sowohl WEALTHALL und SMALLWOOD (168) als auch SALMON (139) fanden durch simultane Messungen eine hohe Korrelation zwischen dem Fontanellendruck und dem ventrikulären Druck; die Autoren betrachten beide Methoden als austauschbar und repräsentativ für den intrakraniellen Druck.

Auch IVAN und BADAJO (75) sind der Meinung, daß der Fontanellendruck und der Epiduraldruck mit dem Ventrikeldruck korrelieren; die Druckwerte lagen jedoch höher als bei den letztgenannten. Die epidurale Druckmessung scheint ihrer Meinung nach eine genauere Wiedergabe des intrakraniellen Druckes zu ermöglichen als die ventrikuläre Druckmessung.

KAISER (79) vertritt die Auffassung, eine Korrelation sei nur beim schweren fortgeschrittenen Hydrocephalus aussagefähig. Außerdem könne der Ventrikeldruck mit dem intrakraniellen Druck aufgrund der individuellen Ventrikelform und der Ventrikelspannung niemals völlig übereinstimmen.

Die nicht - invasive Fontanometrie ist zur Zeit für Trendanalysen und als Screening gut geeignet, jedoch nicht für eine exakte Bestimmung des intrakraniellen Druckes. Trotzdem ist die nicht - invasive Fontanometrie in jedem Falle der invasiven Epiduralmessung und der mit Narkose verbundenen Ventrikelpunktion vorzuziehen.

3.5. PATIENTENGUT

Die nicht - invasiven Hirndruckmessungen mittels Fontanometrie wurden bei 21 Säuglingen, die sich vom Dezember 1983 bis Dezember 1984 in der von Hauner'schen Kinderklinik, Kinderchirurgischen Abteilung, in München befanden, durchgeführt.

9 Säuglinge ohne Hydrocephalus

Alter: 4 Tage - 4 Monate (Durchschnittsalter 2 Monate)

2 Säuglinge mit kongenitalem Hydrocephalus

Alter: 5 Tage - 4 Monate (Durchschnittsalter 2 Monate)

7 Säuglinge mit Hydrocephalus und Meningomyelocele

Alter: 3 Tage - 4 Monate (Durchschnittsalter 2 Monate)

3 Säuglinge mit posthämorrhagischem Hydrocephalus

Alter: 5 Tage - 1 Jahr (Durchschnittsalter 6 Monate)

3.6. ERGEBNISSE

3.6.1. Meßergebnisse der Säuglinge ohne Hydrocephalus

Es wurden 9 Säuglinge im Alter von 4 Tagen bis 4 Monaten gemessen. Alle Kinder kamen, mit Ausnahme eines Kindes mit PÄTAU - Syndrom (34. SSW, 1600g), termingerecht und ohne schwere Geburtskomplikationen zur Welt. Zur Zeit der Druckmessung lag der Kopfumfang der Säuglinge zwischen der 10. und der 75. Perzentile, war also normal. Die Palpation der Fontanellen war ebenfalls unauffällig. Den Fontanellendruckmessungen wurde eine Ultraschalluntersuchung angeschlossen, um eventuelle Ventrikelveränderungen oder andere raumfordernde Prozesse festzustellen, die eine Erhöhung der Hirndruckwerte zur Folge hätten haben können. Alle Sonogramme zeigten normal konfigurierte Ventrikel von normaler Weite.

<u>Patient:</u>	<u>Alter:</u>	<u>Druck (mm Hg):</u>	<u>Diagnose:</u>
J.H. ♂	4 Tage	5	Hydronephrose
A.M. ♂	15 Tage	4	Neuroblastom
A.T. ♂	16 Tage	2,4	Oesophagusatresie VogtIIIb
N.G. ♀	16 Tage	1,5	PÄTAU - Syndrom
A.F. ♂	27 Tage	4,5	Oesophagusatresie VogtIIIb
H.M. ♀	33 Tage	15,4	Anal - u. Rectumatresie
A.W. ♂	2 Monate	4,9	Multipl. Mißbildg. im Anal- und Urogen. - Bereich
K.R. ♀	4 Monate	5,7	Analatresie
J.P. ♂	8 Tage	7,5	Meningomyelocele, kein Hydrocephalus

Tabelle II: Mittlerer fontanometrisch bestimmter Hirndruck bei Patienten ohne Hydrocephalus

Vergleicht man unsere Durchschnittswerte:

▲ P: 0 - 1 Monat = 3.47 mm Hg

▲ P: 2 - 4 Monate = 5.32 mm Hg

mit den Ergebnissen anderer Autoren (Tabelle I), so liegen unsere Meßwerte bei den Säuglingen ohne Hydrocephalus, bis auf eine Ausnahme (Patientin H.M.) im Normbereich (s.a. Abb. 7).

Außerdem waren keine spontanen B - Wellen oder atypische, langsame Wellenverläufe zu finden (Abb. 8,9).

Bei der Patientin H.M. war ein Mitteldruck von 15,4 mm Hg gemessen worden. Es fand sich klinisch kein Hinweis auf einen erhöhten Schädelinnendruck. Der Kopfumfang lag im Bereich der 25. Perzentile und war nicht vom Verlauf der Perzentile abgewichen. Der Drucksensor wurde nach der beschriebenen Methode angebracht; dennoch ist ein Fehler bei der Applikation des Sensors die wahrscheinlichste Erklärung.

Der AFP des Patienten J.P. ♂ mit der Meningomyelocele lag mit 7,5 mm Hg an der obersten Grenze. Die Ventrikel stellten sich im Ultraschall jedoch schmal und symmetrisch dar.

Fontanometrisch ermittelte Hirndruckwerte über 10 mm Hg (Mittelwert) sind bereits sicher erhöht und bei Säuglingen als pathologisch anzusehen.

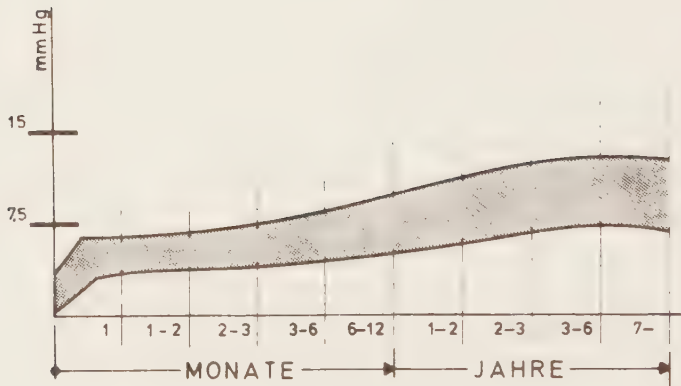


Abb. 7: Normale Druckverteilung bei Säuglingen und Kindern
(n. Paraicz) (122)

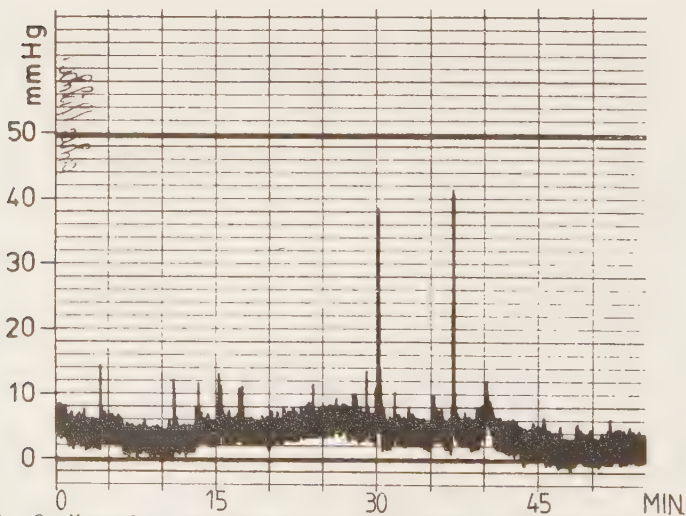


Abb. 8: Normaler intrakranieller Druckverlauf ohne pathologische
Wellen. Druckverlauf von A.F., 27 Tage alt

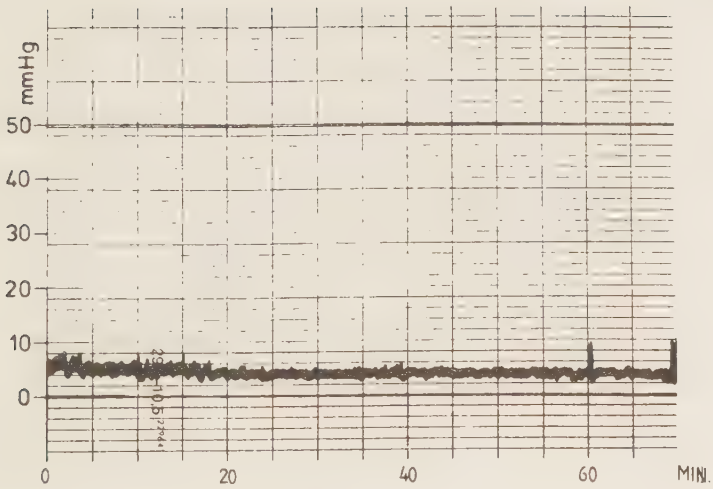


Abb. 9: Normaler intrakranieller Druckverlauf ohne pathologische Wellen. Druckverlauf von A.W., 2 Monate alt

3.6.2. Meßergebnisse der Säuglinge mit Hydrocephalus

Die Fontanellendruckmessungen wurden bei 12 Kindern mit Hydrocephalus im Alter von 3 Tagen bis 21 Wochen und 1 Jahr durchgeführt und deren Verlauf in folgenden Tabellen aufgeführt.

Der intraventrikuläre Druck wurde bei 4 Patienten am folgenden Tag während der Operation gemessen.

Tabelle III: HYDROCEPHALUS CONGENITUS

<u>Patient:</u>	<u>Alter:</u>	<u>Kopfumfang:</u> (Perzentile)	<u>Druck:</u> (mm Hg)	<u>Diagnose, OP</u>
<u>Fall Nr. 1:</u>				
P.K. ♂ (1. Mess.)	36 Tage	8,2 cm außerhalb der 97. P.	20	Oesophagusatresie III b, Apnoe, Krampfanfälle, vor der 1. Revision nach 3x Ventilrevision innerhalb von 10 Tagen
P.K. ♂	8 Woch.	8 cm außerhalb der 97. P.	8,3	
<u>Fall Nr. 2:</u>				
S.B. ♂ (1. Mess.)	20 Woch.	5,5 cm außerhalb der 97. P.	26,3	vor der 2. Ventil- revision
S.B. ♂ (2. Mess.)	21 Woch.	5,2 cm außerhalb der 97. P.	26,3	nach der 2. Revision

Tabelle IV: HYDROCEPHALUS BEI MENINGOMYELOCELEN

<u>Patient:</u>	<u>SSW:</u>	<u>Alter:</u>	<u>Kopfumfang:</u> (Perzentile)	<u>Druck:</u> (mm Hg)	<u>Diagnose, OP</u>
<u>Fall Nr. 3:</u>					
B.S. ♀ (1. Mess.)	34	3 Tage	8,3 cm außerh. der 97. P.	3,5	MMC, vor Ventiliimpl.
B.S. ♀ (2. Mess.)		15 Tage	2cm außerh. der 97. P.	12,9	nach Ventiliimpl., überdrainiert
B.S. ♀ (3. Mess.)		12 Woch.	2,2 cm außerh. der 97. P.	10,3	nach 2. Revision
<u>Fall Nr. 4:</u>					
S.E. ♀ (1. Mess.)	38	5 Tage	1 cm außerh. der 97. P.	9	MMC, vor Ventiliimpl.
S.E. ♀ (2. Mess.)		21 Tage	5 cm außerh. der 97. P.	20	nach Ventiliimpl.
<u>Fall Nr. 5:</u>					
M.T. ♀	39	6 Tage	97. P.	11,3	MMC, vor Shuntimpl.

<u>Patient:</u>	<u>SSW:</u>	<u>Alter:</u>	<u>Kopfumfang:</u> (Perzentile)	<u>Druck:</u> (mm Hg)	<u>Diagnose, OP</u>
<u>Fall Nr. 6:</u>					
A.S. ♂ (1. Mess.)	40	6 Tage	75. P.	11,6	MMC, vor Shuntimpl.
A.S. ♂ (2. Mess.)		22 Tage	3. P.	8,3	nach Shunt - OP und IVP, sehr kleine Fontanelle
<u>Fall Nr. 7:</u>					
S.K. ♂ (1. Mess.)	40	15 Tage	25. P.	9,4	MMC, Z. n. IVB, vor Shuntimpl.
S.K. ♂ (2. Mess.)		30 Tage	3. P.	7,8	nach Shuntimpl.
S.K. ♂ (3. Mess.)		17 Woch.	10. P.	8	Z. n. 4 Shuntrevision
<u>Fall Nr. 8:</u>					
D.P. ♂		14 Woch.	0,6 cm außerh. der 97. P.	24,4	Z. n. Meningitis vor Shuntimplanation
<u>Fall Nr. 9:</u>					
A.S. ♂		17 Woch.	50. P.	22,4	MMC, vor Shuntimpl.

Tabelle V: POSTHÄMORRHAGISCHER HYDROCEPHALUS

<u>Patient:</u>	<u>SSW:</u>	<u>Alter:</u>	<u>Kopfumfang:</u> (Perzentile)	<u>Druck:</u> (mm Hg)	<u>Diagnose, OP:</u>
<u>Fall Nr. 10:</u>					
M.K. ♂ (1. Mess.)	34	5 Tage	3. P.	9	EMG - Syndrom Geb.-Gew.: 3370 g
M.K. ♂ (2. Mess.)		5 Tage	3. P.	23,5	Ultraschall: kein Hinweis auf IVB
M.K. ♂ (3. Mess.)		11 Tage	3. P.	10,3	Ultraschall: Z. n. IVB Shuntimpl. n. d. 5. Mon.
<u>Fall Nr. 11:</u>					
T.O. ♂ (1. Mess.)	31	5 Woch.	3. P.	11,7	Z. n. IVB, Geb.-Gew.: 1360 g vor Shuntimpl.
T.O. ♂ (2. Mess.)		6 Woch.	3. P.	7,3	nach Shuntimpl.
<u>Fall Nr. 12:</u>					
J.K. ♀	33	1 Jahr	3 cm außerh. der 97. P.	29,4	Z. n. Meningitis, IVB, Hydrocephalus, Z. n. 15 Rev. vor Shuntimpl.

Vergleichen wir nun unsere Normalwerte (Tabelle II) mit den Meßwerten der Säuglinge mit Hydrocephalus, so sind letztere Druckwerte deutlich erhöht (Tabelle III - V).

Dabei entsprechen unsere Werte - abgesehen von Fall Nr. 3 (1. Messung) - denjenigen der Literatur, deren mittlerer Fontanellendruck bei Säuglingen mit Hydrocephalus bei 16 mm Hg liegt (30, 44, 73, 78, 161).

Unsere Fontanellendruckmittelwerte ergaben durchschnittlich bei den Säuglingen im Alter von:

3 - 22 Tagen 10,5 mm Hg,

1 - 2 Monaten 13,8 mm Hg,

2 - 4 Monaten 16,7 mm Hg.

Besonders bei frühgeborenen, hydrocephalen Säuglingen (Fall Nr.3) ist die Ermittlung des korrekten Applikationsdruckes sehr schwierig. Der Schädel ist mit seinen weit offenen Nähten und Fontanellen sehr weich und elastisch.

Außerdem zeigte sich bei dieser Patientin eine Überdrainage - Symptomatik mit einem erhöhten Fontanellendruck von 12,9 mm Hg (2. Mess., Abb. 14).

Durch Ablösung der Gipsmanschette konnte in Fall Nr. 6 nur die ersten 5 Stunden zur Auswertung herangezogen werden.

Die nicht - invasive Fontanometrie eignet sich sowohl zur Diagnose-sicherung als auch zur Erfolgskontrolle von Therapiemaßnahmen wie z. B. Shuntoperationen (Abb. 10, 11, 12, 16).

Nach der Shuntoperation sank der Fontanellendruck um durchschnittlich 4 - 12 mm Hg und erreichte in einigen Fällen die obere Grenze des Normalniveaus.

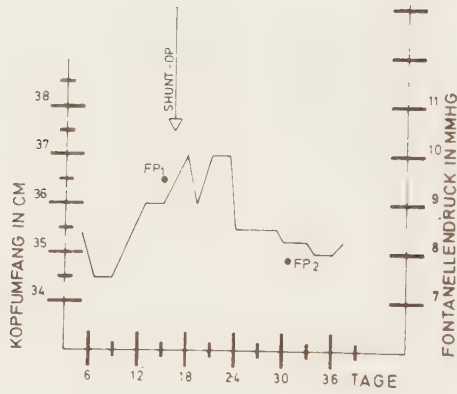


Abb. 10: Erhöhter AFP vor Shuntimplantation, erniedrigter nach Shuntimplantation. Fall Nr. 7

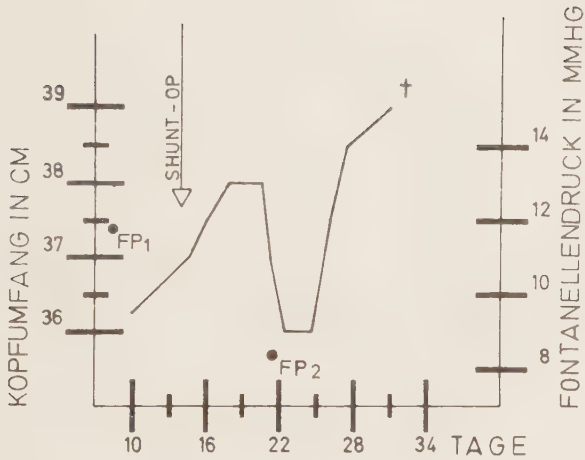


Abb. 11: Nach Shuntimplantation erniedrigter AFP. Fall Nr. 6

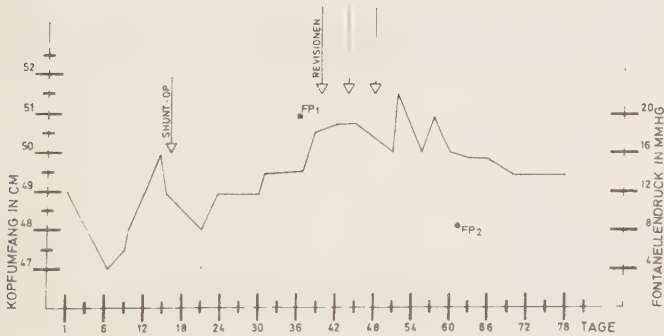


Abb. 12: Shunt dysfunktion mit erhöhtem AFP und Absinken des Druckes nach Revisionen. Fall Nr. 1

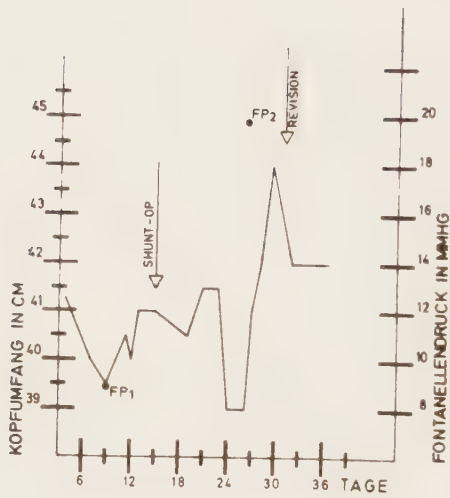


Abb. 13: Shuntdysfunktion: erhöhter AFP vor Anstieg des Kopfumfanges. Fall Nr. 4

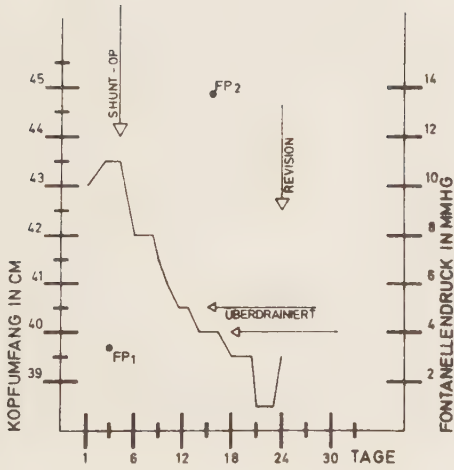


Abb. 14: Überdrainagesyndrom mit erhöhtem AFP. Fall Nr. 3

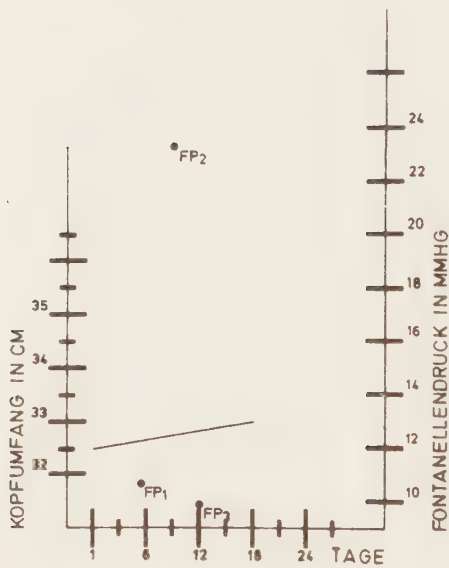


Abb. 15: Erhöhter Druck nach intraventrikulärer Blutung.
Fall Nr. 10

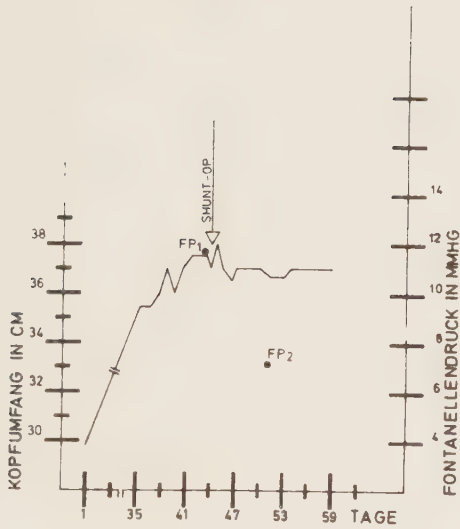


Abb. 16: Posthämorrhagischer Hydrocephalus mit erhöhtem AFP und Kopfumfang. Nach der Shunt - OP Abfall des AFP. Fall Nr. 11

3.6.3.1. Hydrocephalus congenitus und Hydrocephalus bei Säuglingen mit Meningomyelocele

Leider findet man bei den Autoren keine Normwerte zum Zeitpunkt der Fontanellendruckmessung bezüglich des Alters und des Kopfumfanges. Denn betrachten wir die Abbildungen 10, 11, 13, so ergeben sich interessante Korrelationen zwischen Kopfumfang, Fontanellendruck und Ventilfunktion.

In Abb. 12 und 13 läßt sich eine Ventildysfunktion durch einen signifikanten Anstieg des Fontanellendruckes früher diagnostizieren, als dies mittels Kopfumfangsverlaufskontrollen möglich ist (29, 160). Nach der Revision des Ventilsystems sinkt der Fontanellendruck in ähnlicher Weise wie der Kopfumfang.

Ein 4 Monate alter Säugling (Fall Nr. 9) mit primär verschlossener Meningomyelocele hatte einen erhöhten Fontanellendruck (22,4 mm Hg), obwohl der Kopfumfang der 50. Perzentile entsprach. Hier stellte die nicht - invasive Fontanellendruckmessung neben der Sonographie eine zusätzliche diagnostische Hilfe zur Operationsindikation dar.

3.6.3.2. Hydrocephalus nach intraventrikulärer Blutung

Anders verhält es sich beim posthämorrhagischen Hydrocephalus. KOROBKIN, LARROCHE e.a. (83) berichteten, daß die Zunahme der Ventrikelweite und somit auch des Anstiegs des Fontanellendruckes dem vermehrten Wachstum des Kopfumfanges um Tage bis Wochen voraus geht. KOROBKIN stellte die Hypothese auf, daß diese asymptomatische Ventrikelerweiterung ohne gleichzeitige Zunahme des Kopfumfanges auftreten kann bis ein kritischer Punkt erreicht ist nach dem sich der Schädel signifikant vergrößert.

Unser Patient (Fall Nr. 10) zeigte nach der intraventrikulären Blutung und Krampfanfällen einen deutlichen Fontanellendruckanstieg auf 23,5 mm Hg (Abb. 15). Der Kopfumfang lag im Bereich der 3. Perzentile. Nach 5 Monaten wuchs der Kopf bis auf die 97. Perzentile an und es folgte eine Ventilimplantation.

Ein weiterer Säugling (Fall Nr. 11) mit Zustand nach Ventrikelblutung hatte vor der Shuntoperation einen Fontanellendruck von 11,4 mm Hg, während der Operation 10,3 mm Hg (Kopfumfang: 3. Perzentile), 8 Tage nach der Ventilimplantation (Spitz - Holter Hochdruck, atriale Ableitung) war der Fontanellendruck auf 7,3 mm Hg abgesunken; der postoperative Kopfumfang entsprach etwa dem präoperativen Wert. Das Shuntsystem funktionierte ohne Komplikationen (Abb. 16).

3.6.4. Korrelation von Fontanellendruck und intraventrikulärem Druck

Am Tag nach der Fontanellendruckmessung wurde während der Shuntoperation in 6 Fällen der intravetrikuläre Druck direkt mit dem Steigrohr gemessen.

Ergebnisse in mm Hg:

<u>Patienten:</u>	<u>VFP</u>	<u>AFP</u>
<u>Fall Nr. 1</u>		
(1. Mess.)	18,5	20
(2. Mess.)	5,9	8,3
<u>Fall Nr. 3</u>		
(1. Mess.)	5,2	3,5
(2. Mess.)	8,9	12,9
<u>Fall Nr. 7</u>		
(Mess.)	7,4	7,8
<u>Fall Nr. 11</u>		
(Mess.)	10,4	11,7

Die einzelnen Meßwerte des Fontanellendrucks wurden auf der x - Achse, die des intraventrikulären Drucks auf der y - Achse aufgetragen (Abb. 17).

Der Graph enthält unsere 6 Meßpunkte und den daraus resultierenden Schwerpunkt (x,y). Durch diesen Schwerpunkt läuft die optimale Gerade und schneidet die y - Achse.

Die Streubreite (sb) beträgt $\pm 1,98$ mm Hg;

die Ungenauigkeit: $b = 0,5 \pm 2$ mm Hg.

Die 2 Geraden, die noch durch den Schwerpunkt verlaufen, geben den Bereich an, in dem die Geraden bei der Streuung der Meßwerte

ebenfalls liegen könnten. So läßt sich aus unseren Messungen folgern: der Fontanellendruck (AFP) ist niedriger als der Ventrikeldruck (VFP). Der durchschnittlich niedrigere VFP - Druck ist am ehesten durch die Zeitverschiebung und durch den Liquorverlust bei der Ventrikelpunktion zu erklären.

Trotz dieser Fehlerquoten ergab sich ein guter linearer Zusammenhang: der Korrelationskoeffizient $r = 0,94$.

Dieser Koeffizient nähert sich relativ gut den simultanen Messungen die von KAISER, SALMON e.a. (79, 139) ermittelt wurden.

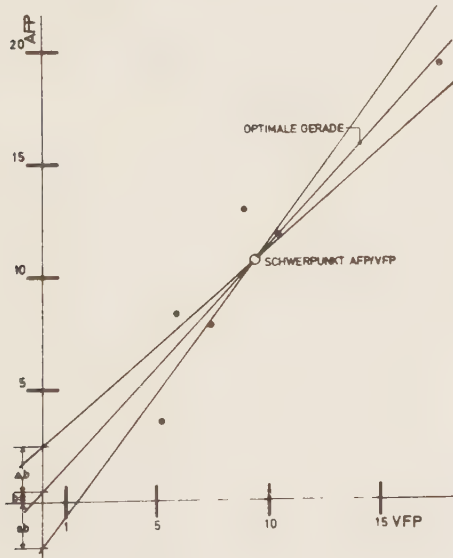


Abb. 17: Korrelation von AFP und VFP

3.6.5. Druckverteilung und Wellenformen bei unseren Patienten

Pathologische Hirndruckwellen waren bei Neubegorenen und Säuglingen bis zur 4. Lebenswoche nicht eindeutig festzustellen. In den ersten Wochen kommen allenfalls B - ähnliche Wellen vor (Fall Nr.4, 1. Mess., Abb.18). Der Fontanellendruck war nie höher als 10 mm Hg.

Eindeutige Sinus - B - Wellen waren bei allen Säuglingen älter als einen Monat zu sehen. Die sinusförmigen B - Wellen traten in allen Fällen auch nach der Shuntoperation auf (Abb.19).

Rampen - B - Wellen wurden bei keiner Messung beobachtet.

B - Komplexwellen zeigten sich bei unseren Messungen ab dem 3. Lebensmonat. Der mittlere Fontanellendruck lag dabei über 20 mm Hg (Abb.20). Bei 2 Säuglingen waren B - Komplexwellen noch nach der Operation nachzuweisen.

Ein Patient (Fall Nr.1) hatte während der Hirndruckmessung einen Krampfanfall mit Apnoe. Es zeigten sich dabei nur kurzzeitige intrakranielle Druckspitzen (Abb.21). Das Bild gleicht einer Serie von B - Wellen.

Erst ab dem 4. Monat und bei Mitteldrücken über 25 mm Hg beobachten wir die langsamen, tonischen D - Wellen. In einem Fall (Nr.2) waren D - Wellen nach der Shuntrevision nicht mehr vorhanden; der Druck sank von 26,3 mm Hg auf 14,4 mm Hg ab. Nach MICKELL e.a. (109) können D - Wellen jedoch auch nach entlastenden Shuntoperationen weiterhin vorhanden sein (Abb.22). Nur in einem Fall (Nr.4), bei einem 4 Monate alten Säugling, mit einem Kopfumfang in Höhe der 50. Perzentile und einem deutlich erhöhten Fontanellendruck (22,4 mm Hg) traten Plateau - Wellen auf. Der sonographische Befund zeigte erweiterte und abgerundete Seitenventrikel. Man muß hierbei einen Hochdruckhydrocephalus vermuten.

Das Auftreten von B - Komplexwellen, D - Wellen und Plateau - Wellen stellen in Verbindung mit einem erhöhten Fontanellen- druck, pathologischen Ultraschallbefund und entsprechender klinischer Symptomatik eine dringende Operationsindikation dar (45, 49).

So sind die pathologischen Wellenformen ein weiteres Kriter- ium zur Diagnosesicherung und Indikationsstellung.

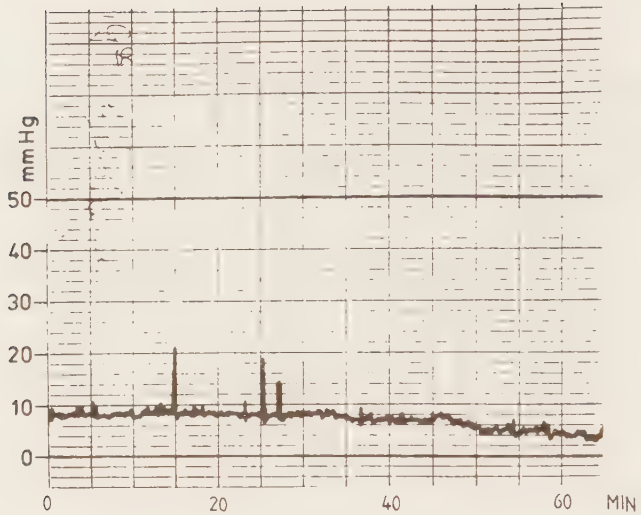


Abb.18: B - ähnliche Wellen bei einem 5 Tage alten Neugeborenen mit angeborenem Hydrocephalus.

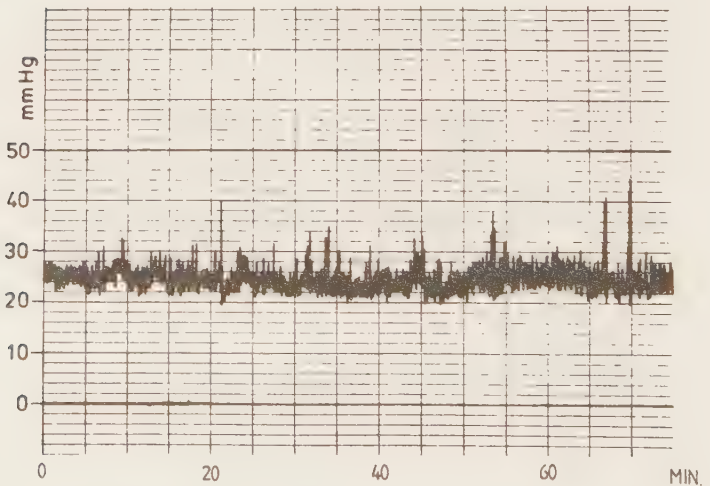


Abb.19: Sinus - B - Wellen bei erhöhtem AFP aufgrund einer Shunt Dysfunktion.

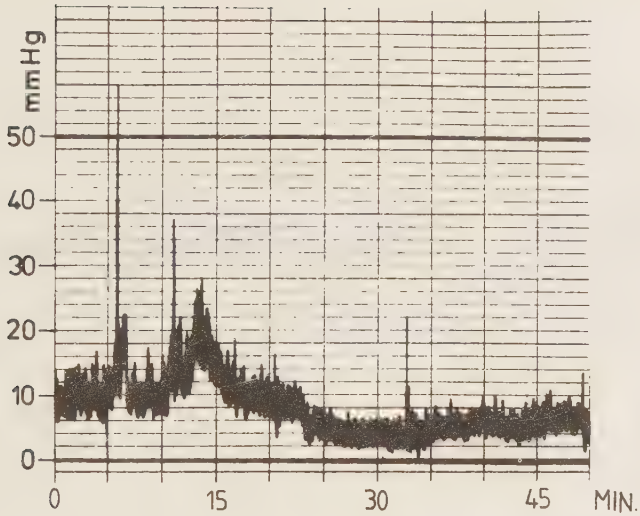


Abb.20: B - Komplexwellen (Fall Nr.8)

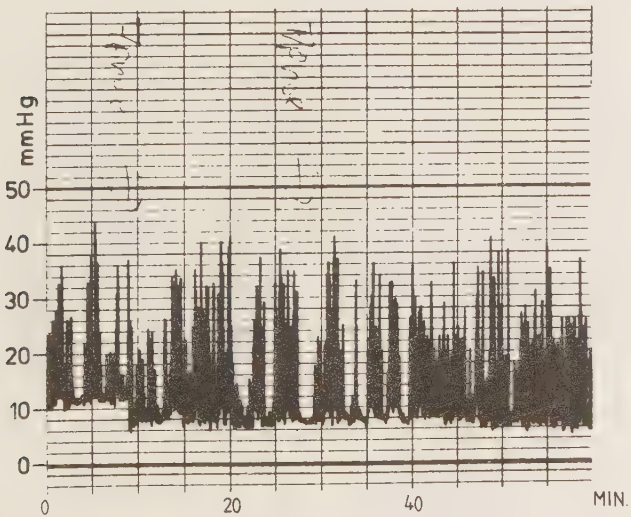


Abb.21: Krampfanfall mit Apnoe bei 1 - Monatigem Säugling
mit Hydrocephalus ohne Ventil (Fall Nr.1)

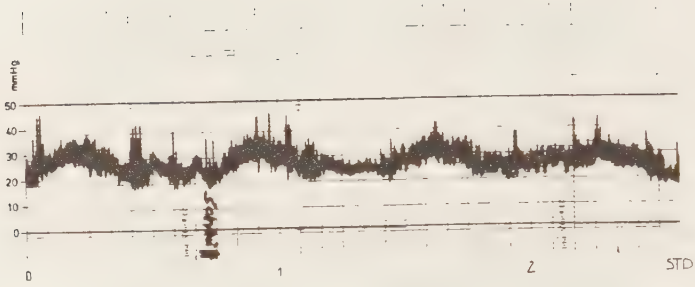


Abb. 22: Langsame, tonische D - Wellen bei einem 5 - Monate alten Säugling mit Shunt dysfunktion (Fall Nr. 2)

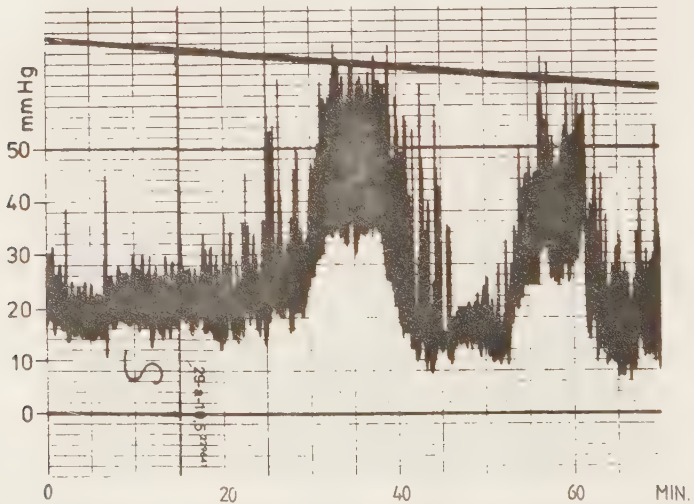


Abb. 23: Plateau - Wellen bei 4 - Monate altem Säugling mit Hirndrucksymptomatik; Kopfumfang 50. Perzentile (Fall Nr. 9)

3.7. DISKUSSION

In der täglichen klinischen Routine läßt die Beurteilung der Fontanelle, der Kopfumfangskurve, des allgemeinen Wohlbefindens und Gedeihens des Kindes in Verbindung mit Ultraschall und Computertomographie nur wenige Fragen offen.

Jedoch bei unklarer Hirndrucksymptomatik und nicht eindeutigen Ultraschallbefunden ist die Fontanometrie als zusätzliche Untersuchungsmethode äußerst hilfreich. Der Fontanelledruck steigt früher an als der Kopfumfang zunimmt. Dies ermöglicht eine frühere Durchführung einer entlastenden Operation.

Die Fontanometrie hat den großen Vorteil nicht invasiv zu sein. Die Normalwerte bei Säuglingen liegen im Bereich bis zu 7,5 mm Hg (43, 44, 79).

Die Korrelation zwischen dem Fontanellendruck und dem Ventrikeldruck ergab bei unseren Messungen einen guten linearen Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0.94$. Dieser Koeffizient nähert sich den simultanen Messungen anderer Autoren (79, 139).

Nachteile der Fontanometrie sind die nicht exakt reproduzierbaren Meßwerte, die Ermittlung des korrekten Applikationsdruckes zu Beginn der Untersuchung und die Befestigung des Drucksensors. Bei wiederholten Langzeitmessungen variierte der Mittelwert um $\pm 2 - 3$ mm Hg.

Außerdem wäre die Entwicklung eines leicht zu befestigenden Drucksensors, der mit einem definierten Applikationsdruck angewandt werden kann, wünschenswert.

Für Früh- und Neugeborene ist die Aplanationsfontanometrie schlechter geeignet als für ältere Säuglinge. Wegen der Elastizität des Neurokraniums und der offenen Schädelnähte waren weder dem Kopfumfang entsprechende Druckamplituden noch pathologische Druckwellen eindeutig zu sehen.

Erst ab dem 1. Lebensmonat entsprachen die Druckwellen der klinischen Symptomatik.

Die Fontanometrie ist zur Zeit für Trendanalysen und als Screeningverfahren zur zusätzlichen Abklärung unklarer Fälle, wie z.B. beim Hochdruck - Hydrocephalus und bei Shunt Dysfunktionen, jedoch eher erst ab dem ersten Lebensmonat gut geeignet.

4. SONOGRAPHISCHE LAGE - UND FUNKTIONSDIAGNOSTIK DER VENTRIKULÄR GELEGENEN SHUNTSYSTEME

Mit der Schädelsonographie durch die offene Fontanelle des Schädels, mindestens 0,5 x 0,5 cm groß, läßt sich ein Hydrocephalus leicht diagnostizieren (4, 15, 154, 155) und der Verlauf kontrollieren (18, 71, 152). Jedoch keine Aussage ob Hirndruck vorhanden oder nicht. Neben dem klinischen Zustand des Kindes ist die Sonographie für die Indikation zur Anlage eines liquorableitenden Systems unentbehrlich geworden und hat wegen der raschen Verfügbarkeit, Nebenwirkungsfreiheit und hohen Aussagekraft die Computertomographie weitgehend ersetzt (94, 140, 148). Dies hat die Ursache darin, daß in der Computertomographie und Sonographie grundsätzlich andere Gewebeeigenschaften bildlich dargestellt werden. Von Interesse ist Größe und Konfiguration der Ventrikel, der Hirnmanteldecke, das Vorhandensein von Cysten, Blutungen etc. Während in der Sonographie Gewebeimpedanzen, die sich zwischen solide und liquide deutlich unterscheiden, abgebildet werden, stellt die Computertomographie die räumliche Verteilung von Röntgenabsorptionskoeffizienten dar, die eben im Fall des Liquors und der ödematösen, weißen Substanz sehr ähnlich sind (143). Darüberhinaus ist der Wegfall der Strahlenbelastung ein wesentlicher Vorteil der Ultraschalluntersuchung, weshalb diese Untersuchung beliebig wiederholt werden kann (32, 136).

Deshalb ist die Sonographie vor allem als Verlaufskontrollmethode in Serienuntersuchungen von unschätzbarem Wert. Nicht jeder erweiterte Ventrikel bedeutet Hirndruck, während ein schmales Ventrikelsystem nicht unbedingt einen gut drainierten Hydrocephalus bedeuten muß. Man bedenke dabei nur das Slit - Ventricle - Syndrom.

4.1. KLINISCHE ERGEBNISSE

Unsere Patienten wurden vor und nach der Shuntanlage mehrfach sonographisch untersucht. Hierzu wurde der real - time - Sector - Scanner LS 3000 von Picker International verwendet.

Während der Ultraschalluntersuchung ist auf folgende Kriterien zu achten (170):

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Falx cerebri und Tentorium,
nach Struktur und Breite, | 5. periventrikuläre Echogenität, |
| 2. Ventrikelkonfiguration, | 6. Plexuskonfiguration, |
| 3. Ventrikelverlauf, | 7. Echogenität d. Hirnparenchyms, |
| 4. Ventrikelweite, | 8. Gyrierung, |
| | 9. Raumforderungen. |

Zur Erfassung der möglichen intrazerebralen Veränderungen sollten die Untersuchungen in allen 3 Schnittebenen durchgeführt werden (8, 17, 170):

1. in der axialen und horizontalen Schnittebene,
2. in der vorderen, mittleren und hinteren koronaren Schnittebene und
3. in der parasagittalen und sagittalen Ebene.

Die mittlere koronare Schnittebene hat sich als am leichtesten standardisierbar erwiesen (8, 17, 170), da in dieser Schnittebene neben den Seitenventrikeln der 3. Ventrikel und die Temporalhörner der Seitenventrikel zusätzliche Bezugspunkte liefern. In der mittleren koronaren Schnittebene ist aus diesem Grund die Morphometrie auch am leichtesten reproduzierbar (8).

Die Verlaufskontrollen sollten jedoch möglichst immer von dem gleichen Untersucher durchgeführt werden, da das Legen der Schnittebenen oft verschieden ist.

Dennoch möchte ich hier als Anhaltspunkte die von ALZEN e.a. (4) ermittelten sonographischen Normwerte der normalen Ventrikelweiten anführen (s. Tabelle VI), die in der koronaren Schnittebene gemessen wurden.

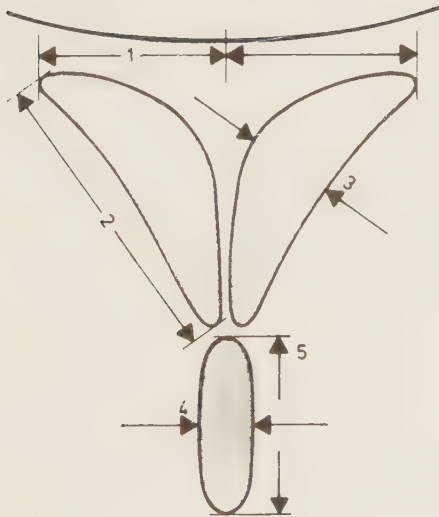


Abb.24: Messung in der koronaren Schnittebene

1. Seitenventrikel Breite (Breite rechts + links = cella media)
2. Seitenventrikel Durchmesser schräg
3. Seitenventrikel Tiefe
4. III.Ventrikel Breite
5. III.Ventrikel Tiefe

Seitenventrikel	Breite	11 $\pm$ 2 mm
	Ø schräg	14 $\pm$ 2 mm
	Tiefe	5 mm
III. Ventrikel	Breite	5 mm
	Tiefe	13 $\pm$ 2 mm

Tabelle VI: Sonographische Normwerte der Ventrikelweiten
bei Früh- und Neugeborenen, 27. - 44. Woche
(Gestationsalter + Lebensalter) (4)

Seitenventrikel	Breite	13 $\pm$ 3 mm
	Ø schräg	16 $\pm$ 3 mm
	Tiefe	6 mm
III. Ventrikel	Breite	6 mm
	Tiefe	14 $\pm$ 2 mm

Tabelle VII: Sonographische Normwerte der Ventrikelweiten
bei Säuglingen und Kleinkindern, 2. - 26.
Monat (4)

Bei unseren Neugeborenen lag die Ventrikelweite vor der Shuntanlage bei 25 $\pm$ 2 mm bei einem Kopfumfang im Bereich der 97. bzw. der 75. Perzentile (Fall Nr.5 und Nr.6).

Ein 3 Monate alter Säugling mit einem Kopfumfang in Höhe der 90. Perzentile hatte eine Ventrikelweite von 45 mm (Fall Nr.8). Diese Werte sind jedoch mit Vorbehalt zu betrachten, da die genaue Angabe der quantitativen Ventrikelgröße mit einer relativen Fehlerquote verbunden ist.

Beim hydrocephalen Säugling ist vor allem auf die Ventrikelform und deren Veränderungen im zeitlichen Ablauf zu achten. Die "physiologisch" weiten Seitenventrikel weisen folgende Kriterien auf (143):

- spitzer lateraler Winkel,
- konkaver Boden,
- glatte Begrenzung und
- keine pathologischen Befunde im Parenchym (Abb. 25 a).

Für die Ventrikelerweiterung pathologischer Genese gelten folgende Kriterien (143):

- stumpfer lateraler Winkel,
- konvexer Boden,
- irreguläre Begrenzung und
- pathologische Begleitbefunde wie: Mittellinienverlagerung, Asymetrie, Atrophie, Cysten, Hirnblutungen, Tumoren etc. (Abb. 25 b).

a

b

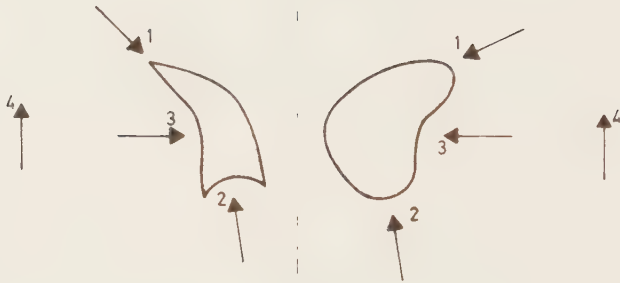


Abb.25 a: Kriterien für "physiologisch" weite Seitenventrikel:

1. spitzer lateraler Winkel,
2. konkaver Boden,
3. glatte Begrenzung,
4. keine pathologischen Befunde im Parenchym.

Abb.25 b: Kriterien für die Ventrikelerweiterung pathologischer Genese:

1. stumpfer lateraler Winkel,
2. konvexer Boden,
3. irreguläre Begrenzung,
4. pathologische Begleitbefunde wie: Mittellinienverlagerung, Asymetrie, Atrophie, Cysten, Hirnblutungen, Tumoren etc.

4.1.1. Regelrechte Shuntkatheterlage

Der Ventrikelkatheterverlauf war in allen Fällen, mit Ausnahme Fall Nr.7, sonographisch gut darstellbar. Die Katheterspitze lag jeweils frei flottierend im Lumen eines Seitenventrikels (Abb.26).

4.1.2. Shuntfehlagen

Folgende Shuntfehlagen können auftreten (13):

- Lage der Katheterspitze in den Stammganglien (Abb.27),
- Verlauf vor das Vorderhorn des ipsi- bzw. kontralateralen Seitenventrikels (Abb.28),
- Lage außerhalb des Seitenventrikels im ipsi- bzw. kontralateralen Marklager (Abb.29)
- Verlauf außerhalb einer intrazerebralen shuntbedingten Cyste und
- Fixation des Katheters im Plexus.

Bei unserem Säugling (Nr.7) war das Ventil im Ventillumen nicht darstellbar. Es zeigte sich eine echoreiche Struktur am Ende bzw. vor dem Vorderhorn des Seitenventrikels. Diese Shuntfehlage war am 4. postoperativen Tag sichtbar. Bei der Ventilrevision zeigte sich eine Verstopfung des Ventilsystems mit Blutkoageln.

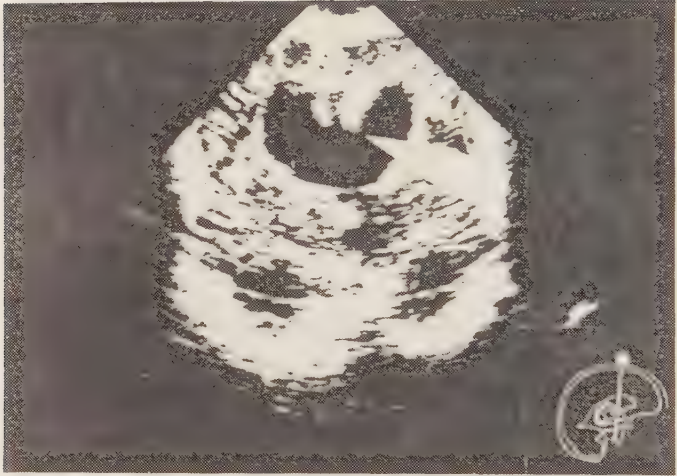


Abb.26: Regelrechte Shuntkatheterlage - Katheterspitze vor dem Foramen Monroe im Lumen eines Seitenventrikels

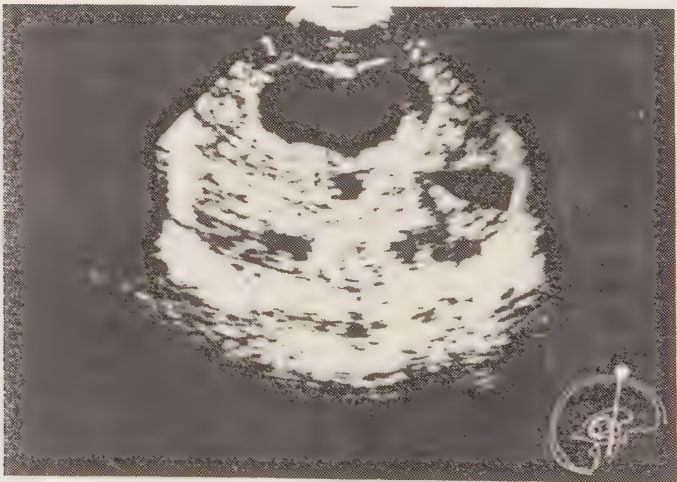


Abb.27: Katheterspitze im Stammganglienbereich rechts



Abb.28: Katheterverlauf vor dem Vorderhorn des Seitenventrikels



Abb.29: Katheterspitze außerhalb des Seitenventrikels im
kontrilateralen Marklager

4.1.3. Shuntfehlfunktionen

Hinweise für eine Shuntüberfunktion können sein:

- Subduralerguß (17, 18.)
- Hirnparenchymlutungen (8, 27, 28, 170)
- Ventrikelasymetrie mit kollabiertem Ventrikellumen auf der Seite des Shunts (8, 170)
- mäßig erweiterte Seitenventrikel der kontralateralen Seite (17, 18)

Ein ausgeprägtes Überdrainage - Syndrom trat bei unseren Patienten einmal auf (Fall Nr.3). Es kommt beim Überdrainage - Syndrom zum Heranziehen des Katheters an die Ventrikelwand und zur Obstruktion des ventrikulären Katheters mit anschließender Druckerhöhung (18, 54). Der Kopfumfang lag bei unserer Patientin auf der 97. Perzentile. Sie hatte ein Spitz - Holter Ventil ohne ASD. Außerdem stellte sich ein schmaler Parenchymsaum und ein Blutungsherd im rechten Ventrikel dar.

Bei einem 3 1/2 Monate alten Kind (Fall Nr.1, Spitz - Holter-Niederdruck - Ventil) zeigten sich rechts 3 - 4 cm und links 0,5 - 1 cm breite Subduralergüsse und eine Ventrikelasymetrie rechts > links, ^{da} allerdings seit der Geburt bestand, mit riesigen, kollabierten Ventrikellumen beidseits.

Für die Diagnose einer Shuntunterfunktion ist die Volumenzunahme der Seitenventrikel und evtl. des 3. Ventrikels im Vergleich zu den Vorbefunden maßgebend. Häufig ist eine Unterfunktion durch eine Shuntfehlfrage bedingt wie z.B. in Fall Nr.7. Hier vergrößerte sich die Ventrikelweite im Bereich der Hinterhörner um über 50%. Ein erweiterter 3. Ventrikel war nach der Shuntimplantation bei 2 Säuglingen zu sehen. Der eine Patient zeigte nach Implantation eines HAKIM - Ventils eine deutliche Erweiterung des 3. Ventrikels bei Verkleinerung der Seitenventrikel. Bei einer anderen Patientin war der 3. Ventrikel nach thrombotischem Verschluss des distalen Katheters erweitert.

4.1.4 Änderung der Ventrikelweiten nach der Shuntanlage

Nach der Anlage eines liquorableitenden Systems änderten sich die Ventrikelweiten:

Bei anfangs nahezu symmetrischen Erweiterungen der beiden Seitenventrikel vergrößerte sich der Seitenventrikel in dem das neue Ventil lag (Fall Nr.3, 5, 6,); bei einem 4 Monate alten Säugling nahm das Volumen jenes Ventrikels mit dem neu implantierten System um die Hälfte der ursprünglichen Ventrikelweite ab (Fall Nr.8).

Das Mißverhältnis der Seitenventrikel, das bei angeborenem Hydrocephalus häufig ist (Fall Nr. 1, 2), blieb auch nach der Shuntoperation bestehen oder vergrößerte sich sogar noch (Fall Nr.1).

Normalerweise besteht eine Asymetrie oder es verkleinert sich der Seitenventrikel in dem das Ventil implantiert ist (84, 149, 150, 170).

4.1.5. Beurteilung der Lage des ventriculo - atrialen und des peritonealen Katheters

Zusätzlich muß in jedem Fall der distale Katheter sonographisch betrachtet werden.

Die atriale Ableitung sollte im Vorhof des rechten Herzens liegen. Bedingt durch das Wachstum des Patienten gleitet der Katheter im Laufe der Zeit in die Vena cava superior (157, ~~184~~). Hier entwickelt sich häufig ein inkompletter thrombotischer Verschuß.

Häufiger sind jedoch die Komplikationen peritonealer Ableitungen. Neben der Diskonnektion und dem Verschuß des peripheren Katheters sind freie Flüssigkeit im Abdomen, Liquorcysten und Abszesse am häufigsten (180).

Mittels der Sonographie ist eine zuverlässige Differenzierung der Liquorcyste und des Abszesses möglich.

Während Liquorcysten als glatt begrenzte und echofreie Raumforderungen zur Darstellung kommen, sind Abszesse durch Raumforderungen mit unscharfer Randbegrenzung und Binnenechos unterschiedlicher Intensität gekennzeichnet. Mit Röntgenuntersuchungen gelingt diese Unterscheidung nicht(180).

4.2. DISKUSSION

Unsere Untersuchungen zeigten, daß die Sonographie durch die offene Fontanelle eine geeignete Methode zur Verlaufskontrolle shuntversorgter Hydrocephali bei Säuglingen ist (4, 18, 141, 155), da sie frühzeitig und zuverlässig mögliche Komplikationen aufdeckt. Die sonographische Lagebestimmung des Ventrikelkatheters ist bei genügend weiter Fontanelle fast immer möglich. Auf die Shuntfunktion kann man indirekt aus der Katheterlage, der Ventrikelweite und dem Vergleich mit früheren Befunden schließen. Subduralergüsse sprechen für eine zu rasche Druckentlastung. Auch die Hirnparenchymlutung beruht meist auf einem ähnlichen Mechanismus.

Zur Funktionskontrolle können zusätzlich die Fontanometrie, die Shuntfunktion sowie eine Röntgenuntersuchung zum Beweis oder Ausschluß einer Diskonnektion und zur Lokalisation von Herz - und Peritonealkatheter sinnvoll sein.

Die Zahl der computertomographischen Untersuchungen in diesem Alter läßt sich durch die Sonographie erheblich reduzieren, was eine geringere Strahlenbelastung des Patienten bedeutet. Dennoch wird man in manchen Fällen auf eine vergleichende Computertomographie nicht verzichten können (94, 140, 148), z. B. wenn die Sonographie aus methodischen Gründen keine ausreichenden Resultate liefern kann oder bei V. a. Hirntumor.

Bei kollabiertem Seitenventrikel ist die Katheterdarstellung infolge des geringen sonographischen Kontrastes vom Hirnparenchym zum Ventrikelliquor gelegentlich erschwert. Es muß dann auf den Schallschatten als indirektes Zeichen zur Lokalisation der Katheterspitze zurückgegriffen werden.

Die Sonographie sollte wie die Computertomographie (140) als Verlaufskontrollmethode unter Einbeziehung früherer Befunde erfolgen, um Fehlbeurteilungen zu vermeiden.

So bedeuten weite Ventrikel bei richtig liegendem Shuntkatheter nicht unbedingt eine Shuntinsuffizienz, sondern können bei funktionierendem Shunt Zeichen einer bleibenden Hirnparenchymschädigung z.B. im Sinne einer Atrophie sein (89).

Eine Ventrikelasymmetrie kann durch eine einseitige ipsilaterale Überdrainage oder einen einseitigen kontralateralen Hirnparenchymdefekt verursacht sein, der sich evtl. erst nach Shuntversorgung deutlich zeigt. Die sonographische Fehlbildungsdiagnostik bei großen Hydrocephali besonders im Bereich der hinteren Schädelgrube ist oft im Verlauf nach Druckentlastung durch einen Shunt möglich (89). Hier kann eine Computertomographie ergänzend sinnvoll sein. Eine Shuntfehlage allein bedeutet wiederum nicht unbedingt eine Shuntinsuffizienz, wenn z.B. einzelne Öffnungen des Ventrikelskatheters noch im Ventrikellumen liegen oder die Verbindung vom Ventrikellumen zum Katheter über liquorführende Gewebsspalten erhalten ist. Sprechen jedoch zusätzlich klinischer Befund und Weiterzunahme der Ventrikel für eine Shuntinsuffizienz, ist die OP - Indikation bereits präoperativ sonographisch gestellt (17).

Zur Minderung operationsbedingter Fehllagen sollte in jedem Fall bei schmalen Ventrikeln die Shuntanlage unter intraoperativer sonographischer Kontrolle durchgeführt werden.(137, 149, 150,151). Nicht nötig ist eine intraoperative Kontrolle bei erweiterten Ventrikeln, da man bei der Implantation die Liquordrainage prüft. Nur wenn das Shuntsystem richtig liegt, entleert sich Liquor. So können operationsbedingte Komplikationen auf diese Weise bereits intraoperativ erkannt werden und die Zahl der Shuntrevisionen im Säuglingsalter vielleicht reduziert werden (108).

5. CT - DIAGNOSTIK

Die Computertomographie ist im Zusammenhang mit den klinischen Daten eine geeignete Methode zur Erfolgskontrolle der Shuntoperation, zur Überwachung der Shuntfunktion und zur Aufdeckung von Komplikationen.

Hier nun einige computertomographisch erfaßte Komplikationen:

- enge Ventrikel (51, 94, 148)
- Fehlposition des Ventrikelkatheters (51, 140)
- Hygrome (94)
- Parenchymdefekte im Bereich des Ventrikelkatheters (94, 118)
- Intrakranielle Blutungen (81, 94)
- Abszesse (94, 140)
- Aquaeductusstenose (94)
- Isolierter 4. Ventrikel (94)

Jedoch ist die Sonographie der Computertomographie deutlich überlegen (143). Dies bezieht sich auf die Detaillierbarkeit der Strukturen und auf die Differenzierbarkeit liquider - solider Strukturen (143). Die Computertomographie stellt die räumliche Verteilung von Röntgenabsorptionskoeffizienten dar, die im Fall des Liquors und der ödematösen weißen Substanz sehr ähnlich sind (143).

Ergänzend sinnvoll ist das CT bei der Fehlbildungs-Diagnostik im Bereich der hinteren Schädelgrube, des 4. Ventrikels und bei Hirntumoren (17, 94, 140).

Aufgrund der nicht unerheblichen Strahlenbelastung des CT's sollte es auch wegen der rascheren Verfügbarkeit, Nebenwirkungsfreiheit und höherer Aussagekraft der Sonographie beim Hydrocephalus im Säuglingsalter vor Fontanellenschluß nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden (94, 140, 148).

6. RÖNTGENDIAGNOSTIK

Als weitere Untersuchung ist bei Säuglingen mit Hydrocephalus eine konventionelle Schädelaufnahme angezeigt. Sie gestattet es besser als die klinische Untersuchung die Form und Größe des Neurokraniums abzuschätzen. Beim Neugeborenen und Säugling lassen sich daraus sowie aus den betroffenen Schädelgruben und Nähten oftmals Rückschlüsse auf die Form und das Ausmaß des Hydrocephalus ziehen, z.B. asymmetrische Auswuchtung des Neurokraniums mit Verdünnung und Demineralisation der zugehörigen Kalottenknochen bei einseitiger Verlegung des Foramen interventriculare (182).

Zur Darstellung von Shuntkomplikationen nach Shuntanlage ist die Röntgendiagnostik eines der wichtigsten Beurteilungskriterien. Hier nun einige Beispiele:

- Diskonnektion verschiedener Katheteranteile
- Katheterobstruktionen (106)
- Falsche Katheterlänge, vor allem bei atrialen Ableitungen (106)
- Falscher Katheterweg (60)
- Schlauchknicken, -schnürungen (60)
- Herzkatheterhochschlagen (60) und -abgleiten (16)
- Peritonealkatheterknäuelbildung (25, 60)
- Peritoneale - Pseudocyste u.a. (85, 122).

Zum Beweis oder Ausschluß einer Diskonnektion und zur Lokalisation von Herz- und Peritonealkatheter ist die röntgenologische Untersuchung der sonographischen vorzuziehen (180).

Jedoch können Liquorcysten und Abszesse durch Röntgenaufnahmen nicht eindeutig bestätigt werden. Hier zeigt sich lediglich eine Weichteilverdickung oder eine abdominelle Raumforderung, wohingegen die Sonographie eine zuverlässige Differenzierung ermöglicht (180).

Im Verdachtsfalle ist jedoch sowohl die röntgenologische als auch die sonographische Abklärung unerlässlich.

7. KOMPLIKATIONEN UND VERLAUFSKONTROLLEN DER VENTRIKULO ATRIALEN UND VENTRIKULO - PERITONEALEN SHUNTTERAPIE

Dem in der Behandlung des frühkindlichen Hydrocephalus mit dem modernen Shuntverfahren zweifellos erzielten Fortschritt stehen ungelöste Probleme wie Überdrainage, Infektion, sowie wachstums- und systembedingt Funktionsstörungen gegenüber. Die Gesamtkomplikationsrate wird weltweit mit 30 - 50 % angegeben (72, 82, 103). Durch Wechsel des Shuntsystems oder Änderung der Liquorableitungsart (atrial, peritoneal) versuchten wir Beziehungen zwischen der Komplikationsrate, dem Alter der Kinder bei der Primäroperation, der Dauer der revisionsfreien Intervalle, dem ableitenden Katheter und der Ventilart festzustellen.

Aufgrund der geringen Patientenzahl sind hier keine eindeutigen Zusammenhänge zu erwarten, sondern es soll lediglich auf Tendenzen hingewiesen werden.

7.1. ERGEBNISSE

Für diese Verlaufsuntersuchungen wurden 10 unserer Kinder ausgewählt (Fall Nr. 9 bekam kein Ventil, Nr. 12 wurde außerhalb 15 x revidiert) und bis zum 6. Monat verfolgt. Bei unseren Patienten handelt es sich nicht um durchschnittliche-, sondern um komplikationsreiche Krankheitsverläufe.

7.1.1. Indikation zur Shuntrevision

Tabelle VII:

Anzahl der Patienten ohne und mit revisionsbedürftigen Komplikationen.

Anzahl der Operationen, Operationsindex:

<u>Revisionen</u>	<u>Schulte-Hoyer</u> (mit ASD)	<u>Spitz-Holter</u> (ohne ASD)	<u>Spitz-Holter</u> (mit ASD)	<u>HAKIM</u> (o. ASD)	<u>HAKIM</u> (m. ASD)	<u>Pat.-Zahl</u>	<u>OP-Zahl</u>
keine	3	2		2	1	2	2
1 x	2	3	1	2		1	2
2 x	1	2	1			1	3
3 x							
4 x		1				3	15

Operationsindex (OP : Pat.): 3,2

Tabelle IX:

Mechanische Ursachen bei den Revisionen

	<u>Schulte-Heyer</u> (mit ASD)	<u>Spitz-Holter</u> (ohne ASD)	<u>Spitz-Holter</u> (mit ASD)	<u>HAKM</u> (o. ASD)	<u>Gesamt</u>
Ventil	Obstruktion	1	1		2
	Dysfunktion	1	4	1	7
Ventrikelkatheter	Obstruktion	1	4		5
	Misplacement	1			1
Herzkatheter	Obstruktion	1	1		2
	Misplacement zu kurz		1 1		1 1
Peritonealkatheter	Dysfunktion			1	1

Unter den mechanischen Komplikationen und Revisionsursachen stehen die Ventildysfunktionen und die Ventrikelkatheterobstruktionen an der Spitze.

Besonders anfällig scheint das Spitz-Holter-Ventil ohne Anti-Syphon-Device zu sein. Mit dem Anti-Syphon-Device ist sowohl beim Spitz-Holter als auch beim Schulte-Heyer-System ein günstigerer Verlauf festzustellen.

Ventilwechsel wurden bei 4 Patienten vorgenommen:

Nr. 3: Sp. - Ho. re. → Sp. - Ho. + ASD li. → Sch. - Hey. + ASD

Nr. 4: Sch. - Hey. re. → Sp. - Ho. li. → Sch. - Hey. + ASD li.

Nr. 7: Sp. - Ho. → Sch. - Hey. + ASD → Sch. - Hey. + ASD

Nr. 8: HAKIM → HAKIM + ASD

Ein weiteres Problem stellt die Ventilwahl bei der Überdrainage dar. Hierbei kommt es zu einer Unterdrucksymptomatik mit Erbrechen, Somnolenz und in schweren Fällen zu subduralen Hämatomen und Ventrikellaps. Bei unseren Patienten (Nr. 1 und Nr. 6 Ventrikelkollaps, Nr. 3 Überdrainage-Symptom) war bei dieser Symptomatik ein Spitz-Holter-Ventilsystem ohne ASD mit atrialer Ableitung implantiert.

7.1.2. Revisionshäufigkeit

Patient	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
<u>Gruppe I</u>						
Alter	14 Tg.	8 Tg.	5 Tg.	12 Tg.	14 Tg.	12 Tg.

Patient	Nr. 7	Nr. 11
<u>Gruppe II</u>		
Alter	1,5 M.	1,5 M.

Patient	Nr. 8	Nr. 10
<u>Gruppe III</u>		
Alter	4,5 M.	4,5 M.

Tabelle X: Alter der Säuglinge bei der Primäroperation

Das Durchschnittsalter bei der Primäroperation war in:

Gruppe I :5 - 14 Tage

Gruppe II:42 und 47 Tage

GruppeIII: 4,5 Monate

In Gruppe I erfolgte die 1. Revision nach Durchschnittlich 32 Tagen. Innerhalb der ersten sechs Monate wurden diese Patienten 2 - 4 mal revidiert.

Die Kinder der Gruppen II und III mußten bereits nach 4 - 26 Tagen abermals revidiert werden.

Die Fälle Nr. 5 und Nr. 11 mußten nicht revidiert werden.

MARAKAKIS e.a. (99) weisen in einer Untersuchung mit 236 hydrocephalen Kindern auf einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Alter und Revisionshäufigkeit hin: 75,7 % der Kinder im Alter bis zu 2 Wochen, die einer Ventiloperation unterzogen wurden, mußten in der Folgezeit oft mehrmals revidiert werden; wohingegen die im Alter zwischen 2 - 4 Wochen operierten Säuglinge nur zu 55,9 % revidiert werden mußten.

Die Dauer der revisionsfreien Intervalle war bei allen durchschnittlich zwischen der Primäroperation und der 1. Revision am längsten (70 Tage) und am kürzesten zwischen der 2. und 3. Revision (6. Tage).

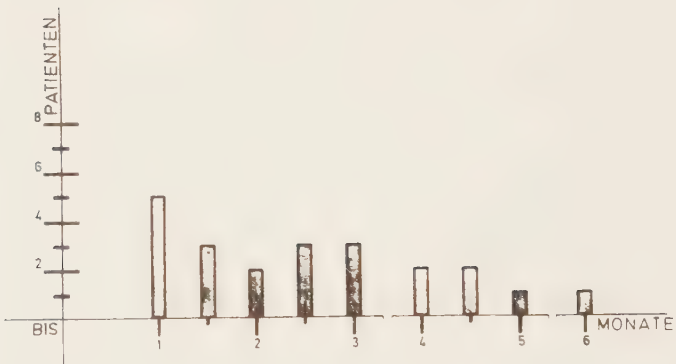


Abb. 30: Anzahl der Revisionen in den verschiedenen Altersstufen

7.1.3. Diskussion

Die vergleichende Betrachtung der einzelnen Shuntsysteme zeigt, daß tendenziell das Spitz-Holter-System ohne ASD, was die Revisionshäufigkeit und die Überdrainage-Symptomatik anbetrifft am anfälligsten zu sein scheint. Allgemein wird durch die Nachschaltung eines Anti-Syphon-Device der Krankheitsverlauf günstiger beeinflußt. Bei jungen Säuglingen sollte man jedoch aus Platzgründen ein integriertes System verwenden. Im Bereich des intrakraniellen Systems (Ventil, Ventrikelkatheter) wären funktionelle Verbesserungen wünschenswert, da in diesem Abschnitt die Zahl der Dysfunktionen am größten ist (wohl durch Überdrainage etc. bedingt). Die Primäroperation sollte eher erst nach der 2. Lebenswoche durchgeführt werden, da die Häufigkeit der folgenden Revisionen geringer ist. Das kürzeste, revisionsfreie Intervall war zwischen der 2. und 3. Revision. Das Therapieziel der Normalisierung des Kopfumfanges und der Ventrikelweite ohne weitere OP wurde nur in den Fällen Nr. 5 und Nr. 11 erreicht.

8. ZUSAMMENFASSUNG

In der klinischen Routine läßt die Beurteilung der Fontanelle, der Kopfumfangskurve, des allgemeinen Wohlbefindens und Gedeihens des Kindes in Verbindung mit Ultraschall und Computertomographie nur wenige Fragen offen.

Jedoch bei unklarer Hirndrucksymptomatik und nicht eindeutigen Ultraschallbefunden ist die nicht invasive Aplanationsfontanometrie als zusätzliche Untersuchungsmethode äußerst hilfreich. Der Fontanellendruck steigt früher als der Kopfumfang zunimmt. Dies ermöglicht eine frühere entlastende Operation.

Die Normalwerte bei Säuglingen liegen im Bereich bis zu 7,5 mm Hg. Mögliche Nachteile der Fontanometrie sind die nicht exakt reproduzierbaren Meßwerte, die Ermittlung des korrekten Applikationsdruckes zu Beginn der Untersuchung und die Befestigung des Drucksensors.

Die nicht - invasive Aplanationsfontanometrie ist zur Zeit für Trendanalysen und als Screeningmethode zur zusätzlichen Abklärung unklarer Fälle ab dem ersten Lebensjahr gut geeignet.

Mit der Schädelsonographie durch die offene Fontanelle des Säuglings mit Hydrocephalus ist eine Lage- und Funktionsdiagnostik ventrikulärer Shuntanlagen möglich. Ventrikulkatheterfehlage, Komplikation nach Shuntanlage wie Überfunktion oder Insuffizienz lassen sich frühzeitig und zuverlässig erkennen.

Zusätzlich muß in jedem Fall der distale Katheter sonographisch mitbetrachtet werden.

Die Zahl der computertomographischen Untersuchungen beim Kind mit Hydrocephalus kann durch die Ultraschalluntersuchungen erheblich vermindert werden.

Dennoch wird man in manchen Fällen auf eine vergleichende Computertomographie nicht verzichten können.

Bei der vergleichenden Betrachtung der einzelnen Shuntsysteme zeigte sich, daß die Dysfunktion im intrakraniellen System bei unserem Patientengut am höchsten war.

Die Primäroperation sollte aufgrund der geringeren Revisionshäufigkeit erst nach der 2. Lebenswoche durchgeführt werden. Das Therapieziel bei der Anlage von Shuntsystemen ist in erster Linie eine Beschwerdefreiheit des Patienten ohne Hirndruck und ohne weitere Revisionen nicht jedoch eine Normalisierung des Kopfumfanges und der Ventrikelweite.

9. VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

AFP	Fontanellendruck (arterior fontanell pressure)
ASD	Anti-Syphon-Device
IVB	Intraventrikuläre Blutung
IVP	Intraventrikular pressure
MMC	Meningomyelocele
VFP	Ventricular fluid pressure

10. LITERATUR

- 1) AHYAI, A., RAMA, B., SEIDLER, G.H.: Probleme nach liquorableitender Operation des hydrocephalen Kindes.
In: Voth, Gutjahr u. Glees: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; ENKE - Verlag, 204 - 209 (1983)
- 2) ADINIS, S.J., LAFFERTY, J., SHAPIRO, M.: Intracranial pressure responses to peep. AENESTHESIOLOGY 45: 275 (1976)
- 3) ALEXANDER, E.: The ideal shunt for hydrocephalus
Clin. Neurosurg. 28, 297 - 322 (1981)
- 4) ALZEN, G., KOLLER, J., SEMMEL, H.: Ergebnisse der Real - Time - Echoencephalographie. In: Voth, Gutjahr u. Glees: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke - Verlag, 132 - 138 (1983)
- 5) AMACHER, A.L., WELLINGTON, J.: Infantile hydrocephalus: long - term results of surgical therapy. Child's Brain 11: 217 - 229 (1984)
- 6) AMACHER, A.L., REID W.D.: Hydrocephalus diagnosed prenatally. Child's Brain 11: 119 - 125 (1984)
- 7) ARNOLD, H.: Die Ursache der Plateauwellen: Kompression der sinusnahen Brücken-venenabschnitte. Adv. Neurosurg. Springer - Verlag Berlin-Heidelberg-New York (1980)
- 8) BABCOCK D.S.; HANG B.K.: Cranial ultrasonography of infants. Division of radiology. Children's hospital medical center, Cincinnati, Ohio; Williams & Wilkins Baltimore, London 1 - 104 (1981)
- 9) BARTOSHESKY L: E., HALLER. J., SCOTT, R.M., WOJIK C.: Seizures in children with meningomyelocele. AJDC; Vol. 139, 400 - 402, (1985)
- 10) BEKS, J.W., ALBARDA, S., e.a.: Extradural transducer for monitoring intracranial pressure. Acta Neurochir. 38: 245-250 (1977)
- 11) BELL, W.E., MC CORMICK, E.F.: Increased intracranial pressure in children. Diagnosis and treatment. 2 nd Ed. Philadelphia, London, Toronto. W.B. Saunders(1978)
- 12) BERNDT, K.: Strabismus bei Kindern mit Hydrocephalus. Ber. Dt. Ophthalmol. Ges. 77, 853 - 857 (1980)

- 13) BETKE, K., LAMPERT, F.; RIEGEL, K.: Elementare Pädiatrie. 3. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart-New York (1984)
- 14) BLACKFAN, K.D., CROTHERS, B., GANZ R.N.: Transmission of intracranial pressure in hydrocephalus in infancy. The intracranial pressure in health and disease. Am. Res. Nerv. Ment. Dis. 8: 174 - 181 (1929)
- 15) BLIESENER, J.A.: Intrakranielle Veränderungen im Säuglingsalter und frühen Kindesalter. Technik und Ergebnisse der Sonographie. Monatsschr. Kinderheilkd. 129: 200 - 215 (1981)
- 16) BLOOMFIELD, D.A.: The non surgical retrieval of intracardiac foreign bodies- an international survey. Cathet. Cardiovasc. Diagn. 4, 1 - 14 (1978)
- 17) BODE, H., STRASSBURG, H.M., BOLAYER, R., GILSBACH, H.J.: Sonographische Lage- und Funktionsdiagnostik ventrikulär gelegener Shuntsysteme bei Säuglingen mit Hydrocephalus. Klin. Päd. 197, 94 - 97, (1985)
- 18) BOLAYER, R., STRASSBURG, H.M.: Diagnostische Möglichkeiten bei der zweidimensionalen Echoencephalographie beim Säugling mit Hydrocephalus. In: Voth, Gutjahr u. Glees: Hydroceph. im frühen Kindesalter; Enke-Verlag Stuttgart, 139 - 142 (1983)
- 19) BOSTON, V.E., HOFMANN; D.A., SCOTT, J.E.S.: The mechanical aplanation tonometer for the non-invasive measurements of intracranial pressure in infants. Z. Kinderchir., Bd. 19, H. 2, 121 - 128 (1976)
- 20) BRAWANSKI, A., GAAB, M.R.: Intracranial pressure gradients in the pressure of various intracranial space occupying lesions. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, (1978)
- 21) BRIGGS, M.: Raises intracranial pressure with particular reference of normal pressure - hydrocephalus. In: Recent advances in clinical neurology 2 Edinburgh-London-NewYork: Livingstone 129 - 143 (1978)
- 22) CATTO-SMITH, A.G., Yu, V.Y.H., BAJUK, B., ORGILL, A.A., ASTBURY, J.: Effect of neonatal periventricular haemorrhage on neurodevelopmental outcome. Archives of Disease in Childhood 60: 8 - 11 (1985)
- 23) CHARNEY, E.B., WELLER, S.C., SUTTON, L.N., e.a.: Management of newborn with meningomyelocele: time for a decision - making process. Pediatrics Vol. 75, Jan. Nr. 1 (1985)

- 24) COSTABILE, G., PROBST, C.H., JURKIEWIECZ, J., SCHÖNHOLZER, A.M.: Die Bedeutung eines schnellen, nicht belastenden, translumbalen, intrathekalen Infusionstestes für die Diagnose des Hydrocephalus Male Resorptivus und die Indikationsstellung zur Shuntoperation. *Neurochirurgia* 25 (1982)
- 25) DACHLING, M.D., WILBERGER, J.E.: Upward migration of peritoneal tubing. *Surg. Neurol.* 14, 363 - 364 (1980)
- 26) DANIELS, H.U., POTHMANN, R., KAUTHER, K., LIM, D.P.: The aplanation tonometry of the fontanelle: a non-invasive instrument for the management of hydrocephalus in infancy. *Z. Kinderchir.*, Bd. 34, Heft 2, 144 - 146 (1981)
- 27) DEEG, K.H., DICK, W., RICHTER, K., SPITZER V.: Sonographische Verlaufskontrolle der fortschreitenden Ventrikelerweiterung beim posthämorrhagischen Hydrocephalus. In: Voth, Gutjahr, u. Glees: *Hydrocephalus im frühen Kindesalter*; Enke-Verlag, Stuttgart 143 - 149, (1983)
- 28) DEEG, K.H.: Sonographische Differentialdiagnostik des Hydrocephalus im Säuglingsalter In: *Ultraschalldiagnostik 83: Drei-Länder-Treffen; 7. Gemeinsame Tagung der deutschsprachigen Gesellschaften für Ultraschalldiagnostik* Hrsg.: Lutz, H.; Reichel, L.; Thieme-Verlag Stuttgart 505 - 508, (1984)
- 29) DE JONG, D.A., DEN OUDEN, A.H., VAN DE BOON, A., YESKOOT, F., MAAS, A.: Telemetered epidural pressure. *Biotelemetry* 2: 257 - 264 (1975)
- 30) DE JONG, D.A., MAAS, A.I.R., VAN DEN VOORT, E.: Non-invasive intrakranial pressure monitoring. A technique for reproducible fontanelle pressure measurements. *Z. Kinderchir.* 39, 274 - 276 (1984)
- 31) DE LANGE; S.A., DENIER VAN DER GON, J.J., DEVLIEGER, M.: Preliminary study on the ventricular pressure in hydrocephalic patients. *Psychiatria, Neurologia, Neurochirurgia* 71, 267 - 273 (1968)
- 32) DICK, W., DEEG, K.H., WENZEL, D., RICHTER, K., STEHR, K.: Dynamik der Ventrikelveränderungen im prä- und postoperativen Verlauf beim kindlichen Hydrocephalus. Entscheidungshilfen für Ventilrevisionen. In: Voth, Gutjahr und Glees: *Hydrocephalus im frühen Kindesalter*; Enke-Verlag, Stuttgart 220 - 224 (1983)
- 33) DI ROCCO, C., MC LONE, D.G., SHIMOJI, T., RAIMONDI, A.J.: Continous intraventricular cerebrospinal fluid pressure recording in hydrocephalic children during wakefulness and sleep. *J. Neurosurg.* 42: 683 - 689 (1975)

- 34) DONN, s.M., PHILIP, A.S.: Early increase in intracranial pressure in preterm infants. *Pediatrics*, Vol. 61, Nr. 6, (1978)
- 35) EARLY, C.B., FINK, L.H., (US Navy): Some fundamental applications of the law of La Place in Neurosurgery. *Surg. Neurol.* 6, 185 - 189 (1976)
- 36) EDWARDS, J.: An intracranial pressure tonometer for use on neonates: preliminary report. *Developmental Medicine and Child Neurology* 16, Suppl. 32, 38 - 39 (1975)
- 37) FALLENSTEIN, F., HUCH, A., HUCH, R.: An improved technique for non-invasive ICP measurements in neonates. *Intensive care congress Geneva*. Abstract Nr. 176 (1983)
- 38) FARMER, T.W.: (Ed.) *Pediatric neurology* Ed. III; Harper & Row Publishers Philsdelphia, 81 -93 (1983)
- 39) FAWER, C.L., CALAME, A., ANDEREGG, A.: Real-time sonography in the neonate:a systematic study of a high-risk infants population. *Helv.Paediat. Acta* 39, 35 - 45 (1984)
- 40) FIDEN, H., EKSTEDT, J.: Instrumentation for cerebrospinal fluid hydrocephalic studies in man. *Med. Vol. Engl. Comput.* 29, 167 - 180 (1982)
- 41) GAAB, M.R., KNOBLICH, O.E., DIETRICH, k.: Miniaturized methods to monitor intracranial pressure. *Langenbecks Arch. Chir.* 350, 13 - 31 (1979)
- 42) GAAB, M.R., SÖRENSEN, N.: Extradurale Langzeitmessung des intrakraniellen Druckes in der Pädiatrie. *Der Kinderarzt*, 11. Jg., Nr. 1 (1980)
- 43) GAAB, M.R., SÖRENSEN, N., BRAWANSKI, A., BUSHE, K.A., WODARZ, R.: Non-invasive intracranial pressure monotoring by fontanometry. *Z. Kinderchir. Bd.* 31, Heft 4 339 - 347 (1980)
- 44) GAAB, M.R., SÖRENSEN, N., HUFENBECK, B.: Fontanometrie zur nicht invasiven Registrierung des intrakraniellen Druckes. *Päd. Praxis* 24 631 - 644
- 45) GAAB, M.R.: Die Registrierung des intrakraniellen Druckes. *Habil. -Schrift, Fachbereich Medizin, Würzburg* 1981
- 46) GAAB, M.R., SÖRENSEN, N., BRAWANSKI, A., HAUBITZ, I.: Value of ICP monitoring in infancy and childhood. *Monogr. Paed.*, Vol. 15, Karger-Verlag Basel, 124 - 130 (1982)
- 47) GAAB, M.R., KOOS, W.Th.: Hydrocephalus in infancy and childhood: diagnosis and indication for operation. *Neuroped.* Vol. 15, 173 - 179 (1984)

- 48) GERLACH, J., JENSEN, H.P., KOOS, W.: Pädiatrische Neurochirurgie mit klinischer Diagnostik und Differenzial-Diagnostik in Pädiatrie und Neurologie. G. Thieme-Verlag, Stuttgart-New York, 139 (1967)
- 49) GERNER, P., GAAB, M.R., SÖRENSEN, N., SAUERBIER, J.: Fontanometrie - eine nicht-invasive Methode zur Registrierung des intrakraniellen Druckes. In: Voth, Gutjahr und Glees: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag, Stuttgart 114 - 116 (1983)
- 50) GOBRECHT, H.: Der La Place'sche Satz. In: Lehrbuch der experimentalphysik; Bd. I: Mechanik, Akustik, Wärme; Hrsg.: Bergmann - Schaefer; W. de. Gruyter-Verlag, Berlin-New York; 9. Aufl. 405 (1974)
- 51) GOOSKENS, R.H., KAISER, M.C., VEIGA-Pires, J.A.: Computed Tomography in the management of complications due to ventricular shunting. Neuroradiology 21; 47 - 49, (1981)
- 52) GRUBER, R.: zur Therapie des kindlichen Hydrocephalus. Z. Kinderchir. Bd. 28, Heft 3 (1979)
- 53) GRUBER, R.: The relationship of ventricular shunt complications to the chronic overdrainage syndrome: a follow-up study. Z. Kinderchir. Bd. 34, Heft 4 (1981)
- 54) GRUBER, R.: Das chronische Überdrainage-Syndrom: Die funktionelle Shunt-Komplikation des kindlichen Hydrocephalus. Habil. -Schrift, Basel, (1983)
- 55) GRUSS, P., GAAB, M.R., SÖRENSEN, N., WODARZ, R.: Zum Begriff des "arrested hydrocephalus". Neurochirurgia 22, 85 - 95 (1979)
- 56) GUILLAUME, J., JANNY, P.: Manometrie intracrânienne continue. Revue Neurol. 84: 131 - 142 (1951)
- 57) HACKELBUSCH, R.: Der frühkindliche Hydrocephalus internus aus ophthalmologischer Sicht. In: Voth, Gutjahr und Glees: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag, Stuttgart, 122 - 125 (1983)
- 58) HÄNSEL-FRIEDRICH, G., MARKAKIS, E., STAFFENSKY, R.H.: Komplikationen bei der ventrikulo-atrialen und ventrikulo-peritonealen Ableitung. In: Voth, Gutjahr und Glees: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag, Stuttgart, 232 - 236 (1983)
- 59) HARWOOD-NASH, D.C.; FITZ, C.R.: Neuroradiology in infants and children. Vol. 1, St. Louis: CV. Mosby (1976)

- 60) HASSLER, W., GILSBACH, J., MARDERS, A., HEMMER, R.: Valve Invagination in ventriculo-auricular Shunting. J. Neurosurg. (im Druck) (1984)
- 61) HAYASHI, T., HASHIMOTO, T., KORAMOTO, S., e.a.: Analysis of ICP pattern in newborn infants with intracranial hemorrhage. Monogr. Paed., Vol. 15, Karger-Verlag Basel, 72 - 74 (1982)
- 62) HAYDEN, P.W., SHURTLEFF, D.B., FOLTZ, E.L.: Ventricular fluid pressure in hydrocephalic patient. Arch. Neurol. 23, 147 - 154, (1970)
- 63) HELLER, R., RICHARD, K.E., FROWEIN, R.A.: Ergebnisse ventriculo-atrialer und ventriculo-peritonealer Shunttherapie beim frühkindlichen Hydrocephalus. In: Voth, Gutjahr und Gleys: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag, Stuttgart, 332 - 339 (1983)
- 64) HEMMER, R., PÄTZOLD, A.: Das Verhalten des Liquordruckes und Liquorpulses nach ventrikulo-aurikulären Drainagen. Acta Neurochir. 16, 108 - 113 (1967)
- 65) HEMMER, R.: Long-term results in the operative treatment of hydrocephalus in infants. Adv. Neurosurg. 8, 155 - 163 (1980)
- 66) HILL, A., VOLPE, J.J.: Measurement of intracranial pressure using the LADD intracranial pressure monitor. J. Pediat. 98, 14 - 16 (1981)
- 67) HIRSCH, J.F., LACOMBE, J., PIERRE-KAHN, A., RENIER, D.: Mesure de la Pression intracrânienne par Palpeur de Fontanelle. Neurochir. 24, 89 - 93 (1978)
- 68) HOFFMANN, H.J.: Technical problems in shunt. In: Choux, M.: Shunts and problems in shunts. Karger-Verlag Basel, 158 - 169 (1982)
- 69) HONDA, E., HAYASHI, T., KURAMOTO, S., SHYOJIMA, T., e.a.: Non-invasive measurement of ICP via the anterior fontanelle by miniaturized transducer. Monogr. Paed., Karger-Verlag Basel, Vol. 15, 12 - 16 (1982)
- 70) HORBAR, J.D., SCOTT, Y., PHILIP, A., LUCEY, J.F.: Effect of application force on non-invasive measurements of intracranial pressure. Pediatrics, Vol. 66, Nr. 3, 455 - 457 (1980)
- 71) HORBAR, J.D., LEALY, K., LUCEY, J. F.: Real-time-ultrasonography. Its use in diagnosis and management of neonatal hydrocephalus. Am. J. Dis. Child. 136, 693 - 696 (1982)

- 72) IVAN, L.P., CHOO, S.H., VENTUREYRA, E.C.G.: Complications of ventriculo-atrial and ventriculo-peritoneal shunts in a new children's hospital. Can. J. Surg. 23, 566 - 568 (1980)
- 73) IVAN, L.P., CHOO, S.H., VENTUREYRA, E.C.G.: Intracranial pressure monitoring with the fibroptic transducer in children. Child's Brain 7: 303 -313 (1980)
- 74) IVAN, L.P., CHOO, S.H.: Clinical and experimental observations with the fibroptic epidural sensor and the LADD pressure monitor. Monogr. Paed., Vol. 15, Karger-Verlag Basel, 8 - 11 (1982)
- 75) IVAN, L.P., BADEJO, A.: Clinical and experimental observations with fontanel pressure measurements. Child's Brain 10: 361 - 368 (1983)
- 76) JACKSON, P.H., LORBER, J.: Brain and ventricular volume in hydrocephalus. Z. Kinderchir. 39, Supplement 2: 91 - 93 (1984)
- 77) JANNEK, C., BLASCHKE, H.: Klinische Bewertung variierender Liquordrainagesysteme bei konnataler wie erworbener Hydrocephalie. In: Voth, Gutjahr und Gleeß: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag; Stuttgart, 199 - 203 (1983)
- 78) KAISER, G.: Kontinuierliche intraventriculäre Lipuordruckmessung beim nativen, progressiven Neugeborenen-Hydrocephalus. Päd. Fortbildungskurse für die Praxis, Bd. 49, 25 - 31 (1980)
- 79) KAISER, G., MINIKUS, H.: Simultaneous measurements of ventricular fluid and fontanel pressure in neonates and infants with hydrocephalus. Z. Kinderchir. (1984)
- 80) KARCH, D., KAJDI, TH., LEEM, W., GREINER, H.: Symptome von Ventilfunktionsstörungen bei Kindern mit Hydrocephalus. Monatsschr. Kinderheilkd. 127, 345 - 347 (1979)
- 81) KAUFMANN, B., WEISS, M.H., YOUNG, H.F., NULSEN, F.E.: Effects of prolonged cerebrospinal fluid shunting on the skull and the brain. J. Neurosurg. 38, 288 - 297 (1973)
- 82) KEUCHER, T.R., MEALEY, J.: Long-term results after ventriculo-atrial and ventriculoperitoneal shunting for infantile hydrocephalus. J. Neurosurg. 50, 179 - 186 (1979)
- 83) KOROBKIN, R.: The relationship between head circumference and the development of communicating hydrocephalus in infants following ventricular hemorrhage. Pediatrics 56: 74 - 77 (1975)

- 84) KUCHEN, M., PIOTROWSKI, W., DO DUC, L., LENARD, H.G.: "Spät"-Komplikationen beim HAKIM - Shunt. In: Voth, Gutjahr und Glee: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag Stuttgart, 274 - 276, (1983)
- 85) LATCHAW, J.P., HAHN, J.F.: Intraperitoneal pseudocyst associated with peritoneal shunt. Neurosurgery 8, 469 - 472 (1981)
- 86) LAURENCE, K.M., COATES, S.: The natural history of hydrocephalus: detailed analysis of 182 unoperated cases. Arch. Dis. Child. 37, 345 - 362 (1962)
- 87) LEVENE, M.F., STARTE, D.R.: A longitudinal study of post-haemorrhagic ventricular dilation in the newborns. Arch. Dis. Child. 56, 905 - 910 (1981)
- 88) LEYDEN, E.: Beiträge und Untersuchungen zur Physiologie Pathologie des Gehirns. Über Hirndruck und Hirnbewegungen. Virchows Arch. 37, 519 - 559 (1866)
- 89) LINDER, M., DIEHL, J.T., SKLAR, F.H.: Significance of post-shunt ventricular asymetrics. J. Neurosurg. 55, 183 - 186 (1981)
- 90) LINDER, M., NICHOLS, J., SKLAR, F.H.: Effect of meningo-myelocoele closure on the intracranial pulse pressure. Child's Brain 11: 176 - 182 (1984)
- 91) LOPEZ-IBOR, B., GARCIA-SOLA, R., HERNANDEZ, C., MORO, M., CASADO, E.: ICP monitoring during the first week of life in the preterm infant. Monogr. Paed. Vol. 15, Karger-Verlag, Basel, 134 - 138 (1982)
- 92) LORBER, J., BHAT, K.S.: Posthaemorrhagic hydrocephalus: diagnosis, differential - diagnosis, treatment and long - term results. Arch. Dis. Child. 49, 751 - 762 (1974)
- 93) LORENZO, A.V., PAGE, L.K., WATTERS, G.V.: Relationship between cerebrospinal fluid formation, absorption and pressure in human hydrocephalus. Brain 93, 679 - 692 (1974)
- 94) LUDWIG, B., MAHLMANN, M., BRAND, M.: Kraniale Computertomographie nach Shuntversorgung. In: Voth, Gutjahr und Glee: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke - Verlag, Stuttgart, 225 - 231 (1983)
- 95) LUNDBERG, N.: Continous recording of ventricular fluid pressure in neurosurgical practice. Acta Psychiat. Neurol. Scand. 36: Suppl. 149 (1960)

- 96) LUNDBERG, N.: Monitoring of intracranial pressure. Proc. R. Soc. Med. 65: 19 -22 (1972)
- 97) MAHNAES, B.: Body position and cerebrospinal fluid pressure. Part 2. Clinical studies on orthostatic pressure and the hydrostatic indifferent point. J. Neurosurg. 44: 698 - 705 (1976)
- 98) MAHLMANN, E., SCHWARZ, M., VOTH, D.: Komplikationen der peritonealen Shuntverfahren. In: Voth, Gutjahr und Glees: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag, Stuttgart 277 - 281 (1983)
- 99) MARAKAKIS, E., HÄNSEL-FRIEDRICH, G., STAFFENSKY, R.H.: Vergleichende Untersuchungen bei 236 Shuntoperationen mit drei verschiedenen Ventilsystemen. In: Voth, Gutjahr und Glees: Hydrocephalus im Kindesalter; Enke-Verlag; Stuttgart, 189 - 194 (1983)
- 100) MARMAROU, A., SHULMAN, K., ROSENDE, R.: A non-linear analysis of the cerebrospinal fluid system and intracranial pressure dynamics. J. Neurosurg. 48, 332 - 334 (1978)
- 101) MARTIN, G.: Some physical principles of intracranial pressure measurement. Neurochirurgia 22, 129 - 136 (1979)
- 102) MATSON, D.D.: Neurosurgery of infancy and childhood Ed.II; Charles C. Thomas Publishers; Springfield, Illinois, 199 - 167 (1969)
- 103) MAZZA, C.: Results of treatment with ventriculo-peritoneal Shunt in infantile non-tumoral hydrocephalus. Child's Brain 7, 1 - 14 (1980)
- 104) MC CULLOUGH, D.C.: A critical evaluation of continous intracranial pressure monitoring in pediatric hydrocephalus. Child's Brain 6: 225 - 241 (1980)
- 105) MC LONE, D.G., REIGEL, D., SOMMERS, M., FRISBIE, C.: Ursachen u. Behandlung d. Hydrocephalus, Children's Memorial Hospital Chicago, Illinois, USA; Informationsheft von AHS/ Deutschland GMBH Abt. Heyer-Schulte, Lerchenstr. 5; 8 Mchn. 50
- 106) MENARDI, G.: Komplikationsmöglichkeiten bei Ventiloperationen (Spitz-Holter). Monatsschr. Kinderheilk. 127; 343 - 344 (1979)
- 107) MENT, L.R., DUNCAN, C.C., SCOTT, D.T., EHRENKRANZ, R.A.: Posthemorrhagic hydrocephalus. J. Neurosurg. 60: 343 - 347 (1984)

- 108) MERRITT, C.R.B., COULON, R., CONOLLY, E.: Intraoperative neurosurgical ultrasound: transdural and transfontanelle applications. *Radiology* 148: 513 - 517 (1983)
- 109) MICKELL, J.J., REIGEL, D.H., COOK, D.R.: Intracranial pressure: monitoring and normalization therapy in children. *Pediatrics* 59: 606 (1977)
- 110) MINNS, R.A.: Intracranial pressure monitoring. *Arch. Dis. Child.* 59: 486 - 488 (1984)
- 111) MORTIER, W.: Klinische Aspekte des Hydrocephalus. In: *Pädiatrie in Praxis und Klinik*, Bd.3, Hrsg.: Bachmann e. a., G.Fischer - Verlag, Thieme - Verlag (1980)
- 112) MYERBERG, D.Z., YORK, C., CHAPLIN, E.R.: Comparison of non-invasive and direct measurement of intracranial pressure. *Pediatrics*, Vol. 65, Nr.3, 473 - 476 (1980)
- 113) MYERBERG, D.Z.: Measurement of intracranial pressure. *Pediatrics* 67: 747 (1981)
- 114) NAUMANN, G.O.H.: *Pathologie des Auges*. Springer - Verlag Berlin - Heidelberg - New York: 700 (1980)
- 115) NELSON, W.E.: *Textbook of Pediatrics* 12.Ed. Hrsg.: Behrman R.E., Vaughan III, V.C., Saunders 1566 - 1569 (1983)
- 116) NORNES, H., MAGNAES, B., ASALID, R.: Observations in intracranial pressure plateau - waves. II. Intern. Symposium on intracranial pressure. Lund 1974
- 117) O'BRIAN, M., JOHNSON, M.: Management of ventricular shunt complications. *Contemporary Neurosurgery* Nr. 21 (1980)
- 118) PALMIERI, A., DEL VECCHIO, E., AMBROSIO, A., PASQUINI, A., MENICHELLI, U., SALVOLINI, U.: Immediate and late effects of ventricular shunting in infantile hydrocephalus. *Neuroradiology* 23: 203 - 205 (1982)
- 119) PAPILE, L., BURNSTEIN, J., BURNSTEIN, R.: Cerebral intraventricular hemorrhage (CVH) in infant $\leq$ 1500 gr. abstracted. *Pediatr. Res.* 11: 564 (1977)
- 120) PARAICZ, E., VAJDA, J.: Fortlaufende Registrierung der intraventriculären Druckwellen bei Hydrocephalus im Säuglingsalter. *Neurochirurgia* 18: 43 - 51 (1975)
- 121) PARAICZ, L., VAJDA, J.: Arterial and respiratory influences on intracranial pressure in infancy. *Surg. Neurol.*, Vol. 4, 361 - 366 (1975)

- 122) PARAICZ, E.: ICP in infancy and childhood. Introduction. Monogr. Paed., Vol. 15, Karger - Verlag, Basel, 1 - 7 (1982)
- 123) PARRY, S.W., SCHUMACHER, J.F., LLEWELLYN, R.C.: Abdominal pseudocysts and ascites formation after ventriculoperitoneal shunt procedures. J. Neurosurg. 43, 476 - 480 (1975)
- 124) PERTUISET, B., VAN EFFENTERRE, R., HORN, Y.: Temporary external valve drainage in hydrocephalus with increased ventricular fluid pressure. Acta Neurochir. 33: 173 - 181 (1976)
- 125) PHILIP, A.G.S., LONG, J.G., DONN, S.M.: Intracranial pressure. Sequential measurements in full - term and preterm infants. Am. J. Dis. Child., Vol. 135, 521 - 524 (1981)
- 126) PIERRE - KAHN, A., GABARESK, V., HIRSCH, J.F.: Intracranial pressure and rapid eye movement sleep in hydrocephalus. Child Brain 2: 256 - 266 (1976)
- 127) POLAND, R.L., SLOVIS, T.L., SHANKARAN, S.: Normal values for ventricular size as determined by real - time sonographic techniques. Pediatr. Radiol. 15, 12 - 14 (1985)
- 128) RABINOWICZ, J.M.: Visual function on children with hydrocephalus. Trans. Ophthalm. Soc. U.K. 94, 353 - 366 (1974)
- 129) RAIMONDI, A.J., ROBINSON, J.S., KUWAMURA, K.: Complications of ventricular - peritoneal shunting and critical comparison of the three - piece and one - piece systems: Child's Brain 3: 321 (1977)
- 130) RAJU, T.N.K., DOSHI, U.V., VIDYASAGAR, D.: Cerebral perfusion pressure studies in healthy preterm and term - newborn infants. J. Pediatr. 100: 139 - 142 (1982)
- 131) RAJU, T.N.K., VIDYASAGAR, D.: Intracranial pressure studies in actually ill neonates using an non - invasive technique: In: Shulman, K., Marmarou, A., Mill J.D., Becke, R.D., e.a.: ICP VI (1980)
- 132) RAMA, B., AHYAI, A., SEIDLER, G.H.: Das Holter- Hausner Shuntsystem. In: Voth, Gutjahr und Glee: Hydrocephalus im frühen Kindesalter; Enke-Verlag, Stuttgart, 195 - 198 (1983)
- 133) REGENBRECHT, J.: Zur operativen Behandlung des Hydrocephalus mit dem Holter-Ventil. MMW 9, (1963)

- 134) ROBINSON, R.O., ROLFE, P., SUTTON, P.: Non-invasive method for measuring intracranial pressure in normal newborn infants. *Develop. Med. Child. Neurol.* 19: 305 - 308 (1977)
- 135) ROSMAN, N.P.: Increased intracranial pressure in childhood. *Ped. Clin. North Am.* 21: 483 (1974)
- 136) ROTT, H.D.: Zur Frage der Schädigungsmöglichkeiten durch diagnostischen Ultraschall. *Ultraschall* 2: 56 - 64 (1981)
- 137) RUBIN, J.M., e.a.: Intraoperative ultrasound examination of the brain. *Radiology* 137: 831 - 832 (1980)
- 138) SAINTE-ROSE, C., LACOMBE, J., RUIER, D., PIERRE-KAHN, A., HIRSCH, J.F.: Mesure de la pression intra-cranienne chez l'infant et le nourrisson, *Méd. infant.* 88: 283 - 294 (1981)
- 139) SALMON, J.H., HAJJAR, W., BADA, H.S.: The fontogram: a non-invasive intracranial pressure monitoring. *Pediatrics*, Vol. 60, Nr. 5 (1977)
- 140) SCHELLINGER, D.D., MC CULLOUGH, D.C., PEDERSEN, R.T.: Computed tomography in the hydrocephalic patient after shunting. *Radiology* 137, 693 - 704 (1980)
- 141) SCHÖNMAYR, R., ZIERSHI, J., AGNOLI, A.: CT follow-up of hydrocephalus in children. *Adv. Neurosurg.* 8: 164 - 171 (1980)
- 142) SCHULTE, F.J., SPRANGER, J.: *Lehrbuch der Kinderheilkunde, Erkrankungen im Kindes - und Jugendalter.* 25. Aufl., G. Fischer Verlag, Stuttgart-New York (1985)
- 143) SCHUMACHER, R.: Hirnsonographie durch die große Fontanelle-Ventrikelerweiterungen. *Der Kinderarzt*, Nr. 7 (1984)
- 144) SCHWARZ, M., KESSEL, G., VOTH, D.: Über die Bedeutung der intraventrikulären Druckmessung im Rahmen der Diagnostik des Hydrocephalus internus. In: Voth, Gutjahr und Glees: *Hydrocephalus im frühen Kindesalter*; Enke-Verlag, Stuttgart, 105 -111 (1983)
- 145) SEKAHAR, L.D., MOOSSY, J., GUTHENKELCH, A.N.: Malfunctioning of ventriculo-peritoneal shunts. *J. Neurosurg.*, Vol. 56, (1982)
- 146) SHAPIRO, K., MARMAROU, A., SHULMAN, K.: Abnormal brain biomechanics in the hydrocephalic child. *Concepts in Pediatric, Neurosurgery II*, (1982)

- 147) SHAYWITZ, B.A., LAVENTHAL, J.M., VENES, J.L.: Prolonged continuous monitoring of intracranial pressure in severe reye's syndrome. *Pediatrics* 59: 595 (1977)
- 148) SKOLNIK, A., e.a.: Detection of dilated cerebral ventricles in infants: a correlative study between ultrasound and computed tomography. *Radiology* 131: 447 - 451 (1979)
- 149) SKOLNIK, A., MC LONE, D.G.: Intraoperative real - time ultrasonic guidance of ventricular shunt placement in infants. *Radiology* 141: 515 - 517 (1981)
- 150) SKOLNIK, A., MC LONE, D.G.: Intraoperative real - time ultrasonic guidance of intracranial shunt tube placement in infants. *Radiology* 144: 573 - 576 (1982)
- 151) SKOLNIK, A., e.a.: Work in progress. Intra - operative neurosurgical ultrasound: Localisation of brain tumors in infants and children. *Radiology* 148: 525 - 527 (1983)
- 152) SMITH, J.R., e.a.: Ultrasonic evaluation of postventricular shunt dynamics in infants and young children. *Radiology* 145: 133 - 138 (1982)
- 153) SÖRENSEN, N., GAAB, M.R.: Diagnostik und Therapie von Liquorzirkulationsstörungen unter besonderer Berücksichtigung der epiduralen Druckmessung. In: Voth, Gutjahr und Glees. *Hydrocephalus im frühen Kindesalter*, Enke - Verlag, Stuttgart, 112 - 113 (1983)
- 154) STAUDT, F.: Zweidimensionale Ultraschalluntersuchung (Parallel - Scan) der Hirnventrikel bei Neugeborenen und Säuglingen. *Klin. Pädiat.* 194: 73 - 79 (1982)
- 155) STRASSBURG, H.M., e.a.: Diagnosing hydrocephalus in infants by ultrasound scanning through the open fontanelles. *Neuropediatrics* 12: 254 - 266 (1981)
- 156) SUNDBÄRG, G., KJÄLLQUIST, A., LUNDBERG, N., PONTEN, U.: Complications due to prolonged ventricular pressure recording in clinical practice. In: *Intracranial Pressure*. Hrsg.: Brock, M., Dietz, H., Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 348 - 352 (1972)
- 157) SWAIMANN, K.F., WRIGHT, F.S.: The paediatric neurology, Vol. I, Ed. II, The C.V. Mosby Comp., St. Louis, Toronto, London, 429 - 442 (1982)
- 158) SYMON, L., DORSCH, N.W.C.: Use of long - term intracranial pressure measurements to assess hydrocephalic patients prior to shunt surgery. *J. Neurosurg.* 42: 258 - 273 (1975)

- 159) VERT, P., ANDRE, M., SIBOUT, M.: Continous positive air-way pressure and hyrocephalus. *Lancet* 2: 319 (1973)
- 160) VIDYASAGAR, D., RAJU, T.N.K.: A simple non - invasive technique of measuring intracranial pressure in new-born. *Neonatology Supp., Pediatrics* 59: 957 - 959 (1977)
- 161) VIDYASAGAR, D., RAJU, T.N.K., CHIANG, J.: Clinical significance of monitoring anterior fontanel pressure in sick neonates and infants. *Pediatrics*, Vol. 62, Nr.6, 996 - 999 (1978)
- 162) VOTH, D., HEY, O., EMMERICH, P.: Die kontinuierliche Registrierung des intrakraniellen Druckes im Rahmen der pädiatr. Intensivmedizin. In: *Päd. Intensivmed.* Bd.3, Hrsg.: P.Emmerich, Thieme - Verlag, Stuttgart, 104 - 109 (1977)
- 163) VOTH, D.: Über die körperliche Belastung von Kindern mit einem Shuntsystem zur Behandlung des Hydrocephalus internus. *Sozialpäd.* 4: 315 - 320 (1982)
- 164) VOTH, D., HABERSTOCK, K., HELD, J.: Therapieziel der Hydrocephalus - Behandlung - Definition, Zeitwahl, Ergebnisse. In: *Voth, Gutjahr und Gleys: Hydrocephalus im frühen Kindesalter*; Enke - Verlag, Stuttgart, 324 - 331 (1983)
- 165) VRIES, J.K.: Intracranial pressure monitoring in clinical practice. *J. Fla. Med. Ass.* 63: 865 - 868 (1976)
- 166) WALD, A., EPSTEIN, F.J., HOCHWALD, G.M.: Continous intracranial pressure monitoring during treatment of neonatal hydrocephalus by cranial compression. In: *Intracranial Pressure*.II, Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 141 - 149 (1975)
- 167) WALSH, P., LOGAN, W.J.: Continous and intermittent measurement of intracranial pressure by LADD monitor. *J. Ped.* 102: 439 - 442 (1983)
- 168) WEALTHALL, S.R., SMALLWOOD, R.: Methods of intracranial pressure via the fontanelle without puncture. *J. Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 37: 88 - 96 (1974)
- 169) WEIGEL, K., BÖHM, B.: Neurological impairment caused by ventricular shunt insertion. *Adv. in Neurosurg.* 8: 255 - 257 (1980)
- 170) WEITZEL, D., DINKEL, E., DITTRICH, M., PETERS, H.: Pädiatrische Ultraschalldiagnostik, Springer - Verlag, Berlin-Heidelberg - New York, 15 - 33 (1984)

- 171) WELCH, K.: Selected topics relating to hydrocephalus. Exp. Eye Res. 25: 345 - 375 (1977)
- 172) WELCH, K.: The emergence of hydrocephalus after ventricular hemorrhage and the estimation of intracranial pressure in infants. Am. J. Dis. Child. 131: 1203 - 1204 (1977)
- 173) WELCH, K.: Normal pressure hydrocephalus in infant and children: a reappraisal. Z. Kinderchir., Bd. 25, Heft 4; 319 - 323 (1978)
- 174) WELCH, K.: The intracranial pressure in infants. J. Neurosurg., Vol. 52, 693 - 699 (1980)
- 175) WILLIAMS, B.: Cerebrospinal fluid pressure - gradients in spina bifida cystica, with special reference to the Arnold - Chiari Malformation and aequeductal stenosis. Dev. Med. Child. Neurol. 17, Supp. 35, 138 - 150 (1975)
- 176) WILLIAMS, J., HIRSCH, N.J., COBERT, A.J.: Postnatal head shrinkage in small infants. Pediatrics 59: 619 - 622 (1977)
- 177) WHITTLE, J., JOHNSTON, I.H., BESSER, M.: Intracranial pressure changes in arrested hydrocephalus. J. Neurosurg. 62: 77 - 82 (1985)
- 178) VON WILD, K., PÖRKENSEN, C.: Non - invasive technique for monitoring intracranial pressure via the fontanelle in premature infants and newborns with hydrocephalus. Z. Kinderchir. Bd.31, Heft 4, 348 - 353 (1980)
- 179) VON WILD, K.: The evaluation of non - invasive fibre - optical monitoring of intracranial pressure over the fontanelle. Z. Kinderchir., Bd.34, Heft 2, 147 - 149 (1981)

Nachtrag:

- 180) GUIFFRÉ, R., PALMA, L., FONTANA, M.: Follow - up study of 360 children of extracranial CSF shunt for hydrocephalus. Mod. Probl. Paediat. 18, 198 - 202 (1977)
- 181) KAISER, G.: Hydrocephalus In: Kinderchirurgie, Hrsg.: Bettex, M., Genton, N., Stockmann, M.; 2. Auflage, Thieme - Verlag, Stuttgart, 52 - 71 (1982)
- 182) PARAICZ, E.: Mechanical problems in shunts. Monogr. Neurol. Sci. 8, 49 - 51 (1982)

11. LEBENSLAUF

Name	<u>Christine</u> , Balbina, Katharina H u t t e r e r
Geburtsdatum	31. 10. 1957
Geburtsort	München
Wohnort	Thalkirchner Str. 103, 8000 München 70
Familienstand	ledig
Eltern	Adolf Hutterer, Vera Hutterer, geb. Kufner
1964 - 1968	Volksschule am Gotzinger Platz
1968 - 1978	Neusprachliches Gymnasium der Armen Schul- schwestern am Anger
Januar 1979 - November 1979	Schwesternhelferin an der Universitätsklinik in der Pettenkofer Straße (Chirurgie, Ortho- pädie und Pädiatrie)
WS 79/80 - SS 80	Studium der Physik
WS 80/81	Beginn des Medizinstudiums an der Ludwigs - Maximilians - Universität in München
März 83	Ärztliche Vorprüfung
März 84	1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 86	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 87	3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
22. Mai 87	Approbation

